



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาวิธีการประเมินไขมันและระดับการ
เคลื่อนไหวร่างกายที่แม่นยำและเชื่อถือได้
และดัชนีมวลกายตามอายุสำหรับเด็กไทย

โดย รองศาสตราจารย์กัลยา กิจบุญชู และคณะ

วันที่ 31 มีนาคม 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาวิธีการประเมินไขมันและระดับการเคลื่อนไหวร่างกายที่
แม่นยำและเชื่อถือได้ และดัชนีมวลกายตามอายุสำหรับเด็กไทย

1. รศ.ดร.กัลยา กิจบุญชู	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
2. นางวิยะดา ทศนสุวรรณ	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
3. ดร.อุรุวรรณ แย้มบริสุทธิ์	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
4. นางวันเพ็ญ รัชมีโสภภาพร	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
5. ผศ.ดร.อุไรพร จิตต์แจ้ง	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
6. นายวีรชาติ ศรีจันทร์	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
7. น.พ. ฌกาจ ผ่องอักษร	คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ม.มหิดล
8. รศ.พญ.อุมาพร สุทัศน์วรุฒิ	คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี ม.มหิดล
9. นายเพชรรัตน์ คุณาพันธ์	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล
10. นายวรศิษฐ์ ศรีบุรินทร์	สถาบันวิจัยโภชนาการ ม.มหิดล

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	1
บทคัดย่อ	3
1. หลักการและเหตุผล	
1.1 สถานการณ์โรคอ้วนและความจำเป็นในการพัฒนาการประเมินไขมันร่างกาย	7
1.2 ปริมาณไขมันร่างกาย : ดัชนีระบุภาวะอ้วนที่แท้จริง	8
1.3 ความจำเป็นที่ต้องมีดัชนีมวลกายตามอายุ (BMI for age)	10
1.4 การประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย : ปัจจัยร่วมในการทำนาย ความเสี่ยงต่อโรคอ้วน	11
2. วัตถุประสงค์	13
3. วิธีการศึกษาและผล	
ช่วงที่ 1 การพัฒนาแบบสอบถามประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย	14
3.1 การพัฒนาต้นแบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย (Prototype Physical Activity Questionnaire)	14
3.1.1 การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Indepth Interview)	14
3.1.2 Draft questionnaire	15
3.1.3 การทดสอบความเที่ยงตรง (Criterion-Related Validity และ Constructed Validity) ข้อคำถามจากข้อมูล เด็กทั่วประเทศ	16
ช่วงที่ 2 การหาความเชื่อถือได้ (Validity) และความแม่นยำ (Reliability) ของการวัดแบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายที่พัฒนาขึ้นเทียบกับ Actigraph และการประเมินไขมันร่างกายเทียบกับ DEXA	17
3.2 การหาความเชื่อถือได้และแม่นยำของแบบสอบถาม การเคลื่อนไหวร่างกาย	17

3.2.1 การหาค่าความเชื่อถือได้และแม่นยำของ แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายเทียบกับ Actigraph	17
3.2.1.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา	17
3.2.1.2 การเก็บข้อมูล	18
3.2.1.3 สถิติที่ใช้	19
3.2.1.4 ผลการศึกษา	19
3.2.1.5 สรุปการหาค่าความเชื่อถือได้และแม่นยำของ แบบสอบถาม	28
3.3 การพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันที่มีความ เชื่อถือได้และแม่นยำของเด็กไทย	29
3.3.1 กรอบแนวคิดการศึกษา	29
3.3.2 ขั้นตอนการศึกษา	30
3.3.3 การประเมินไขมันร่างกายโดยใช้ 4 Compartment model	33
3.3.3.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา	33
3.3.3.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา	33
3.3.3.3 สถิติที่ใช้ในการศึกษา	36
3.3.3.4 ผลการศึกษา	36
3.3.3.5 สรุปการประเมินไขมันในแต่ละวิธีเมื่อนำมา เปรียบเทียบกับวิธี 4 Compartment model	46
3.3.4 การพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันด้วย Anthropometric Assessment	47
3.3.4.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา	47
3.3.4.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา	47

	หน้า
3.3.4.3 สถิติที่ใช้ในการศึกษา	47
3.3.4.4 ผลการศึกษา	48
3.3.4.5 สรุปสมการทำนายไขมันร่างกายของเด็กไทย	73
3.4 การศึกษาดัชนีชี้วัดเส้นรอบเอว และความสัมพันธ์ต่อไขมันร่างกายในวัยรุ่น	73
3.4.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา	73
3.4.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา	73
3.4.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์	74
3.4.4 ผลการศึกษา	74
3.4.5 สรุปการวัดเส้นรอบเอวที่สัมพันธ์กับปริมาณไขมันร่างกาย	81
ช่วงที่ 3 การสร้างมาตรฐานดัชนีมวลกายตามอายุโดยสอดคล้องกับเกณฑ์ปริมาณไขมันร่างกายในเด็กไทย	82
3.5 การพัฒนาสมการความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันร่างกายกับค่าดัชนีมวลกายตามอายุสำหรับเด็กไทย	82
3.5.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา	82
3.5.2 ผลการศึกษา	83
3.5.2.1 กลุ่มตัวอย่าง	83
3.5.2.2 ผลการพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันร่างกายด้วยค่าดัชนีมวลกายตามอายุ	89
3.5.3 สรุปการศึกษา	124
4. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้	
4.1 แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย	136
4.2 การศึกษาดัชนีชี้วัดเส้นรอบเอวและความสัมพันธ์ต่อไขมันร่างกายในวัยรุ่น	136

4.3 การพัฒนาสมการประเมินไขมันจากค่า SKF	137
4.4 การเลือกเกณฑ์ชี้วัดโภชนาการเกินโดย BMI for age จากค่าประมาณการของ %Body fat	138
5. งานที่ต้องวิจัยขั้นต่อไป	
5.1 แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย	140
5.2 การศึกษาดัชนีชี้วัดเส้นรอบเอว	140
5.3 การพัฒนาสมการประเมินไขมันร่างกายจากค่า SKF	140
5.4 การศึกษาดัชนีมวลกายตามอายุ	141
6. เอกสารอ้างอิง	142
7. ภาคผนวก	146

บทสรุปผู้บริหาร

โรคอ้วนในเด็กเป็นปัญหาใหญ่ทั่วโลกที่หลายฝ่ายจับตามอง เพื่อหาแนวทางการแก้ไขและลดปัญหา การประเมินความอ้วนด้วยน้ำหนักต่อส่วนสูงเพียงอย่างเดียว อาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากร่างกายประกอบด้วยส่วนที่เป็นไขมันและที่ไม่ใช่ไขมัน การประเมินไขมันร่างกายจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องทำควบคู่กันไป ซึ่งต้องการความเชื่อถือได้และแม่นยำ สามารถระบุถึงประสิทธิภาพของ intervention ที่ใช้แก้ไขหรือลดปัญหาได้ดี

การประเมินไขมันมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้ในชุมชนและในคลินิก คือการวัดไขมันใต้ผิวหนัง (skinfold thickness, SKF) การวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA) ซึ่งทั้ง 2 วิธีดังกล่าวมีการประเมินไขมันโดยใช้สมการที่พัฒนาขึ้นที่มีใช้ทั่วไปในกลุ่มอายุและเพศที่ต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการพัฒนาจากข้อมูลต่างชาติ จากการที่มีรายงานการวิจัยที่แสดงความแตกต่างของเชื้อชาติมีผลต่อการกระจายตัวของการสะสมไขมันที่ ทำให้เกิดความไม่มั่นใจในการประเมินไขมันโดยใช้สมการที่ไม่ได้พัฒนาจากข้อมูลคนไทย ขณะเดียวกันการวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้าก็เป็นการพัฒนาการประเมินไขมันจากข้อมูลที่ไม่เปิดเผยของทางบริษัท ทำให้เกิดความไม่มั่นใจในการนำมาใช้

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในกลุ่มประชากร 600 คน อายุ 10-18 ปีนั้น เป็นการพัฒนาสมการประเมินไขมันร่างกาย โดยการวัด SKF เส้นรอบวงร่างกาย แล้วศึกษาความเชื่อถือได้ (validity) และแม่นยำ (reliability) เทียบกับการวัดด้วยวิธี Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) ที่ใช้เป็นวิธีมาตรฐานเปรียบเทียบ และเมื่อได้สมการที่มีค่าตัวแปรที่เหมาะสม และมีความสัมพันธ์กับค่าที่ได้จากการวัด DEXA สามารถนำไปใช้ในการประเมินไขมันของเด็กไทย นอกจากนี้ยังใช้ในการประเมินไขมันจากการสุ่มวัดเด็กไทยทั่วประเทศร่วมไปกับการชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง เพื่อใช้เป็นเกณฑ์บอกจุดตัดในการหาค่า BMI for age

การวัดเส้นรอบเอวก็เป็นอีกประเด็นที่ยังเป็นที่ถกเถียงกันว่าวัดบริเวณใด การศึกษาครั้งนี้เนื่องจากมีค่าการวัด DEXA จึงสามารถหาความสัมพันธ์ว่าการวัดเส้นรอบเอวบริเวณใดที่จะให้ค่าที่ปริมาณไขมันร่างกายได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

การแบ่งร่างกายออกเป็น 4 ส่วน (4 compartment model, 4C) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สร้างความมั่นใจสูงในการประเมินไขมันร่างกายโดยมีสมมุติฐานว่าร่างกายประกอบด้วยส่วนของไขมัน และส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ซึ่งแยกเป็นปริมาณน้ำในร่างกาย ปริมาณกล้ามเนื้อ และมวลกระดูก (bone mineral content) ทั้งนี้การทำ 4C เป็นการประเมินค่าโดยการวัดแยกส่วนโดยตรง โดยไม่จำเป็นต้องมีข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) เช่นเดียวกับวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ การวัด BIA หรือการวัด SKF

การศึกษา 4C เก็บข้อมูลเฉพาะในเด็กชาย/หญิงช่วงอายุ 16-18 ปี เพื่อหาความสัมพันธ์การวัดปริมาณไขมันร่างกาย สามารถเปรียบเทียบไขมันจากการวัด 4C กับการกับการชั่งน้ำหนักได้น้ำ หรือการวัด DEXA

ปัจจัยการเคลื่อนไหวร่างกาย เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้เกิดโรคอ้วนได้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ มีแบบสอบถามที่ยอมรับในระดับสากล International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) และ Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) แต่ยังไม่มียแบบประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายของเด็กทั่วไป รวมทั้งของเด็กไทย การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการพัฒนาแบบสอบถามโดยเทียบกับ Actigraph ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการ validate โดยใช้ stable isotope และมีความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้แล้ว

ภาพรวมของการศึกษานี้ ทำให้ได้สมการที่ใช้ประเมินไขมันร่างกาย แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายที่เชื่อถือได้และแม่นยำ รวมทั้งค่า BMI for age ของเด็กไทย สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในคลินิกและในชุมชนอย่างมั่นใจในเด็กไทยต่อไป

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา เพื่อพัฒนาแบบสอบถามการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย พัฒนสมการทำนายปริมาณไขมันร่างกายที่มีความเชื่อถือได้และแม่นยำของเด็กไทย ศึกษาการวัดปริมาณไขมันร่างกาย โดยใช้ 4 compartment model รวมทั้งสร้างดัชนีมวลกายตามอายุของเด็กไทย

การศึกษานี้ได้ทำการ เก็บข้อมูลอาสาสมัครชายหญิงที่มีอายุระหว่าง 10-18 ปี ซึ่งพัฒนาแบบสอบถาม (Physical Activity Questionnaire, PAQ) ด้วยการสัมภาษณ์เจาะลึก (Focus group) ประเด็นคำถามเด็ก 30 คน ได้ข้อคำถามนำไปทดสอบทั่วประเทศ ในเด็กนักเรียนชั้นประถมและมัธยม 4.280 ชุด จาก item selection และ factor analysis ได้แบบสอบถาม 2 ชุด คือชุดระดับประถม และชุดระดับมัธยม แล้ว validate แบบสอบถามจากการศึกษาในเด็ก 589 คน โดยการติด Actigraph (CSA model 7164) เป็นเวลา 7 วัน เพื่อหาความเชื่อถือได้ (validity) ใช้สถิติ Pearson correlation ได้ค่า $r = 0.3$ และทำแบบสอบถามซ้ำห่างจากครั้งแรก 1-3 วัน เพื่อหาความแม่นยำ (reliability) ได้ค่าแม่นยำ (intraclass correlation, ICC) = 0.79 ในแบบสอบถามชุดประถม และ 0.74 ในแบบสอบถามชุดมัธยม

ในอาสาสมัครกลุ่มเดียวกัน จำนวน 509 คน ที่มีข้อมูลสมบรูณ์ของการวัด SKF, เส้นรอบวง ทำการพัฒนสมการการประเมินไขมันร่างกายด้วยการวัด SKF เส้นรอบวงและเส้นรอบเอว 4 ตำแหน่ง Omron HB-300 โดยเทียบกับ %BF_DEXA ทำการ validation และ cross validation โดยสุ่มเลือกเพื่อพัฒนสมการ ได้สมการที่เหมาะสมสำหรับเพศชาย Sum skinfold of triceps, suprailiac oblique and calf (sum 3skf) < 50 mm: aged 10 – 12 yr, %BF equation = $17.27 + [0.776 \times (\text{Sum3skf}) - (0.127 \times \text{height in cm})]$; aged 13 – 14 yr, %BF equation = $13.398 + [0.774 \times \text{Sum3skf} - (0.106 \times \text{height in cm})]$; aged 15 – 18 yr, %BF equation = $-19.207 + [0.697 \times \text{Sum3skf} + (0.090 \times \text{height in cm})]$; เมื่อ sum3skf > 50 mm: %BF equation = $47.121 + [0.214 \times \text{Sum3skf} - (0.155 \times \text{height in cm})]$; และสำหรับเพศหญิงอายุ 10-18 yr เมื่อ sum3skf < 50 mm: %BF equation = $-5.077 + [0.432 \times \text{Sum3skf} + (1.169 \times \text{BMI}) - (0.130 \times \text{weight in kg})]$; เมื่อ sum3skf > 50 mm %BF equation = $5.086 + [0.311 \times \text{Sum3skf} + (0.596 \times \text{BMI})]$ และยังพบว่าการวัดเส้นรอบเอวในตำแหน่งที่แตกต่างกัน 4 ตำแหน่งความสัมพันธ์การวัดเส้นรอบเอวบริเวณผ่านสะดือกับปริมาณไขมันร่างกายนั้น ในเพศหญิงสามารถทำนาย %BF

และ total body fat mass (TBFM) โดยมีค่า $R^2 = 0.51$ และ 0.83 ส่วนในเพศชายสามารถทำนาย %BF และ TBFM โดยมีค่า $R^2 = 0.86$ และ 0.84 ตามลำดับ

การวัด 4C ในอาสาสมัครชายหญิง 55 คน โดยการชั่งน้ำหนักได้น้ำเพื่อหา Density การวัด deuterium oxide เพื่อหาปริมาณน้ำในร่างกาย และวัด DEXA เพื่อได้ค่ามวลกระดูก จากนั้นหาค่าไขมัน Baumgartner's equation พบว่าการประมาณไขมันร่างกายด้วยวิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำให้ค่าใกล้เคียงกับค่า 4C ที่สุด ($R^2 = 0.92$ ในเพศชาย และ $R^2 = 0.87$ ในเพศหญิง) ขณะที่ค่า DEXA ประมาณค่าไขมันได้เกินความเป็นจริงในเพศหญิงและพบว่าการเปลี่ยนแปลงตามกลุ่มอายุในเพศชาย จึงทำการปรับข้อมูล % BF_DEXA อิงกับค่า 4C ทำให้ได้สมการประมาณค่าไขมันร่างกาย และนำไปใช้ในการพัฒนาดัชนีมวลกายตามกลุ่มอายุที่สอดคล้องกับไขมันร่างกายของเด็กไทย

ผลการศึกษานี้ ทำให้ได้เครื่องมือทางโภชนาการที่เชื่อถือได้และแม่นยำ สามารถนำไปใช้ในเด็กไทย ได้แก่ แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายของเด็กชั้นประถม 1 ชุด และชั้นมัธยม 1 ชุด สมการการประเมินไขมันร่างกายโดยการวัดไขมันใต้ผิวหนังบริเวณ triceps suprailiac oblique และ calf น้ำหนัก ความสูง และอายุ รวมทั้งดัชนีมวลกายตามกลุ่มอายุที่เหมาะสมกับเด็กไทย

Abstract

Purpose: To assess the reliability and validity of the constructed self-administered physical activity questionnaire, the body fat equation using skinfold and anthropometry, and BMI for age in Thai children aged 10-18 years.

Materials and Methods : Firstly, The prototype of physical activity questionnaire (PAQ) was developed from the items obtained from 30 children using focus group, and later sent to 4,280 school children all over Thailand. Item selection and factor analysis were used. The final version of Thai PAQ was developed from a prototype PAQ and validated with accelerometer (Actigraph, CSA model 7164), for 7 days in 566 children. On the next day they completed the self-administered PAQ for the validation process. Then the PAQ was completed again in the next 1-3 days for the reliability analysis. Secondly, the body fat equations were developed using the skinfold thickness measurement at different sites, weight, height, age sex and BMI were used as dependent variables. Body fat from DEXA was used as the reference value in 509 children. Bioelectrical impedance using Omron HB-300 was also measured. Thirdly, the 4 compartment model was measured in 55 males and females aged 16-18 years. The measurement included under water weighing (UWW) for body density, deuterium Oxide (D2O) dilution technique for total body water, and DEXA for bone mass. Percent body fat 4C was assessed using Baumgartner's equation. Fourthly, waist circumference was measured at different sites (WC1=at midway between the lowest rib and the iliac crest, WC2= at the narrowest waist, WC3= at the immediately above the iliac crest, and WC4 = at the umbilicus kevel) to correlate with body fat from DEXA. Lastly, BMI for age was developed using the information from 1,967 children around Thailand.

Statistical analysis: Percentile, paired t-test, Pearson correlation, simple and multiple regression analysis and Bland - Altman analysis were used.

Results: Firstly, two forms of the developed physical activity questionnaires (for elementary school children and secondary school children) were used for the validity and reliability. The validity of this group of subject demonstrated the acceptable correlations.

The validation was 0.260 and cross validation was 0.33. The intra-class correlation for test-retest repeatability was 0.74. Secondly, the body fat equation for male: when Sum skinfold of triceps, suprailiac oblique and calf (Sum3skf) < 50 mm: aged 10 – 12 yr, %BF equation = $17.27 + [0.776 \times (\text{Sum3skf}) - (0.127 \times \text{height in cm})]$; aged 13 – 14 yr, %BF equation = $13.398 + [0.774 \times \text{Sum3skf} - (0.106 \times \text{height in cm})]$; aged 15 – 18 yr, %BF equation = $-19.207 + [0.697 \times \text{Sum3skf} + (0.090 \times \text{height in cm})]$; when sum3skf > 50 mm, %BF equation = $47.121 + [0.214 \times \text{Sum3skf} - (0.155 \times \text{height in cm})]$. For female aged 10-18 yr, when sum3skf < 50 mm, %BF equation = $-5.077 + [0.432 \times \text{Sum3skf} + (1.169 \times \text{BMI})] - (0.130 \times \text{weight in kg})$; and when sum3skf > 50 mm, %BF equation = $5.086 + [0.311 \times \text{Sum3skf} + (0.596 \times \text{BMI})]$. Thirdly, the 4 compartment model demonstrated that the UWW provided the comparable result compared to 4C ($R^2 = 0.92$ and 0.87 in male and female respectively), whereas the DEXA was found to be acceptable for male and not for female. Some correction was made to adjust for the systematic bias, hence the information was transformed from DEXA to 4C. This developed equations for male and female were constructed and used for the development of BMI for age. Fourthly, the waist circumference at all sites correlate with percent body fat and total body fat mass at ($R^2 = 0.51$ and 0.83 in male and $R^2 = 0.86$ and 0.84 in female respectively). Lastly, the percentage of body fat which correspond with various BMI for age's reference classification was developed for designing the proper overnutritional surveillance index of Thai children.

Conclusion: This research study provided the validity and reliability nutrition tools for the PAQ, the equation for body fat assessment, and BMI for age to be used in Thai children aged 10-18 years.

1. หลักการและเหตุผล

1.1 สถานการณ์โรคอ้วน และความจำเป็นในการประเมินไขมันร่างกาย

ปัญหาโรคอ้วนในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งในผู้ใหญ่และเด็กซึ่งไม่ต่างจากประเทศอื่นๆ ที่การดำเนินชีวิตอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านทางสังคม (transitional society) สาเหตุของปัญหาโรคอ้วนในเด็กเป็นปัญหาที่ซับซ้อน โดยครอบคลุมตั้งแต่ ปัญหาทางพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม วิถีชีวิต การเลี้ยงดู และพฤติกรรมสุขภาพ เด็กอ้วนมักจะเป็นผู้ใหญ่อ้วน อันนำไปสู่ปัญหาสุขภาพอื่นๆ อีกมากที่ตามมา ในระดับนานาชาติปัญหาภาวะอ้วนถือเป็นปัญหาวิกฤติ The International Obesity Task Force (IOTF) จึงถูกจัดตั้งขึ้นในปี 1994 เพื่อจับประเด็นปัญหาโรคอ้วนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดตระหนักว่าเป็นปัญหาระดับโลก และต้องการความร่วมมือไม่เฉพาะบุคลากรทางการแพทย์ แต่ยังรวมหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนในการที่จะร่วมมือกันแก้ปัญหา และหาแนวทางในการป้องกันเพื่อไม่ให้ปัญหาลุกลามไปมาก โดยที่ IOTF เน้นความสำคัญการป้องกันโรคอ้วนในเด็กและวัยรุ่นเช่นกัน การแก้ไขเมื่อเกิดภาวะอ้วนแล้วนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากมีอัตราความสำเร็จค่อนข้างต่ำ ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการป้องกันปัญหาภาวะอ้วนก็คือการเฝ้าระวังทางสาธารณสุข ชุมชน ด้วยวิธีการอย่างง่ายในเด็กและเยาวชนไทย เพื่อเป็นการเตือนภัยแต่เนิ่นๆ (Early warning at an early age) รวมทั้งการบอกขนาดหรือระดับความรุนแรงของปัญหาที่จำเป็นสำหรับผู้กำหนดนโยบาย (policy planner) ในการเฝ้าระวังและการกำหนดแนวทางป้องกันตลอดจนการแก้ปัญหาภาวะอ้วนในเด็ก ซึ่งต้องการความแม่นยำตรงในการคัดกรองผู้ที่มีปัญหาน้ำหนักเกินอันเนื่องมาจากการมีไขมันสะสมในร่างกายเกินที่แท้จริง เพื่อให้สามารถระบุผู้ที่มีแนวโน้มในการเกิดปัญหาโภชนาการและสุขภาพ ที่ต้องดำเนินการแก้ไขโดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยลงกว่าปัจจุบัน

ในอดีตปัญหาทุพโภชนาการการขาดสารอาหารและพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศ ไทย หลังจากได้รับการแก้ไขโดยกระทรวงสาธารณสุขและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถลดปัญหาดังกล่าวได้เป็นที่น่าพอใจ ขณะเดียวกันภาวะโภชนาการเกิน ทำให้เกิดปัญหาโรคอ้วนพบทั้งในผู้ใหญ่และเด็ก โดยพบว่าการสุ่มสำรวจภาวะโภชนาการเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี ทั่วประเทศจำนวน 12,000 คน ในปี 2536⁽¹⁾ พบปัญหาโรคอ้วนร้อยละ 1-4.8 โดยพบมากในเขตภาคกลาง และรายงานทางภาคใต้พบว่าในช่วงเวลา 2 ปี เด็กอ้วนเพิ่มจากร้อยละ 12.2 ในปี 2534 เป็นร้อยละ 15.6 ในปี 2536⁽²⁾ ข้อมูลทางภาคเหนือพบอุบัติการณ์การเกิดโรคอ้วนโดยใช้เกณฑ์น้ำหนักต่อส่วนสูง เกินร้อยละ 120 พบในช่วงร้อยละ 6-30⁽³⁾ และจากภาคอีสานที่ขอนแก่นพบร้อยละ 10.8 ในเด็กชายอายุ 7-9 ปี⁽⁴⁾ จากการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่4 พ.ศ.2538⁽⁵⁾ พบว่ามีอัตราความชุกของภาวะอ้วนเพิ่มขึ้นจากการสำรวจในครั้งที่3 เมื่อ พ.ศ. 2529⁽⁶⁾ ในทุกกลุ่มอายุทั้งในเขตเมือง

และเขตชนบท โดยที่เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี เพิ่ม 3 เท่า จากร้อยละ 1.7 เป็นร้อยละ 5.4 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคกลางเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า จากร้อยละ 2.7 เป็น ร้อยละ 10.5

ในปี 2542 สถาบันวิจัยโภชนาการทำการศึกษาศึกษาในเด็กกลุ่มอายุ 8-9 ปี โรงเรียนเอกชน 2 แห่ง ในเขต กทม. พบว่าเด็กชายมีภาวะอ้วน(น้ำหนักต่อส่วนสูง > P97) ร้อยละ 30 และภาวะท้วม (น้ำหนักต่อส่วนสูง > P90)ร้อยละ 16.5 ซึ่งพบว่ามีมากกว่า นักเรียนในโรงเรียนสังกัด สปช. 2 แห่ง ของจังหวัดสุพรรณบุรี คือพบว่าเด็กชายมีภาวะอ้วนร้อยละ 10.8 และภาวะท้วม ร้อยละ 8.4 ขณะที่ เด็กหญิงมีภาวะอ้วนร้อยละ 10.3 และภาวะท้วมร้อยละ 10.3⁽⁷⁾ ต่อมาในปี 2544 ได้ทำการศึกษา โดยการสุ่มอย่างเป็นระบบของโรงเรียนประถมศึกษาเอกชน จำนวน 4 โรงเรียน โดยการชั่ง น้ำหนักและวัดส่วนสูงเด็กอายุ 9-12 ปี จำนวน 565 คน⁽⁸⁾ และใช้มาตรฐานการเจริญเติบโตของ เด็กไทยชุดใหม่ ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2543⁽⁹⁾ ซึ่งใช้เกณฑ์น้ำหนักต่อส่วนสูง เกิน+3SD บ่งชี้ภาวะอ้วน และ เกิน +2SD บ่งชี้ภาวะเริ่มอ้วน พบเด็กชายมีภาวะอ้วนร้อยละ 11.7 และภาวะเริ่มอ้วน ร้อยละ 17.8 และเด็กหญิงมีภาวะอ้วนร้อยละ 4.4 และภาวะเริ่มอ้วนร้อยละ 4.3

จากแนวโน้มของการเกิดภาวะโรคอ้วนในเด็กไทยมากขึ้น ทำให้เกิดความจำเป็นที่จะต้องหา แนวทางป้องกันปัญหาดังกล่าว เพื่อลดภาระของเด็กไทยและสังคมไทยในอนาคตด้วยการศึกษา ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดภาวะอ้วน ศึกษาวิธีการค้นหากลุ่มเสี่ยงเพื่อการเฝ้าระวังและติดตามสภาพ ปัญหาที่มีความเชื่อถือได้ แม่นตรง และชี้แนะการควบคุมป้องกันปัญหาโดยการพัฒนารูปแบบ intervention program ด้านการสร้างพฤติกรรมสุขภาพด้านอาหาร/โภชนาการและการออกกำลังกาย ที่เหมาะสม การเข้าไปมีบทบาทในการชี้แนะตั้งแต่อายุน้อยเพื่อสร้างพฤติกรรมสุขภาพที่ดีให้ เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิต จะมีโอกาสสูงในการป้องกันหรือลดขนาดของปัญหา และการมี เกณฑ์ชี้วัดที่แม่นยำเพื่อใช้ในการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงดังกล่าว เพื่อการเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาแต่ เนิ่นๆ จะช่วยให้สามารถควบคุมสถานการณ์ของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ปริมาณไขมันร่างกาย : ดัชนีระบุภาวะอ้วนที่แท้จริง

ในอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน การบอกภาวะอ้วนในเด็กใช้เกณฑ์น้ำหนักที่เหมาะสมกับ ความสูง (weight for height) และในผู้ใหญ่ใช้ค่าดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) ที่ได้จาก การคำนวณ น้ำหนัก (กก.)/ความสูง (ม)² ในค่า BMI ของผู้ใหญ่มีจุดตัดสินที่ 25 และ 30 ที่สะท้อน ภาวะน้ำหนักเกิน และอ้วนซึ่งสัมพันธ์กับอัตราการเกิดโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อ (Non-communicable Chronic Diseases, NCD) และอัตราการตาย ซึ่งใช้กันมาเป็นเวลาช้านาน และในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวในกลุ่มคนเอเชีย ซึ่งรูปร่างเล็กกว่าคนยุโรป / อเมริกา ทำให้ค่าจุดตัดภาวะท้วม และอ้วนลดลงเป็นที่จุดตัด 23 และ 27.5 ตามลำดับ(ถึงแม้ใน

คนไทยยังไม่กำหนดชัดเจน) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไขมันร่างกายที่บอกภาวะอ้วนที่แท้จริงจำเป็นต้องเหมาะสมกับคนไทยด้วย

การที่จะบอกปริมาณไขมันที่ถูกต้องแม่นยำตรง (validity & reliability) ได้จากการใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีขั้นสูง ราคาแพง และดำเนินการในห้องปฏิบัติการ การวัดปริมาณไขมันที่ถือว่าเป็น gold standard ได้จากการนำค่าปริมาณน้ำในร่างกาย ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Stable isotope deuterium oxide คำนวณกลลัมเนื้อ ซึ่งวิเคราะห์ได้จากการหาความหนาแน่นของร่างกาย โดยวิธีซึ่งน้ำหนักได้น้ำ และคำนวณแร่ธาตุซึ่งวิเคราะห์โดย Dual Energy X-ray Absorptiometry ไปหักออกจากค่าน้ำหนักตัวทั้งหมด ก็ช่วยให้ทราบค่าไขมันร่างกายที่เป็นค่าถูกต้องและเชื่อถือได้ การประเมินไขมันร่างกายส่วนใหญ่จะเป็นในลักษณะ Two compartment model กล่าวคือ มวลไขมัน (Fat mass) และมวลปราศจากไขมัน (Fat free mass) ซึ่งแต่ละวิธีในการวัดมีค่า assumption ทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการวัดปริมาณน้ำในร่างกาย (Total body water) ที่กำหนด Hydration 73.2% หรือการหาความหนาแน่นร่างกาย (Densitometry) ค่า Fat free mass 1.1 กรัมต่อลบ.ซม. ในเด็กอาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับช่วงการเจริญเติบโตและการย่างสู่วัยรุ่น (Maturation) อาจมีผลทำให้ค่า assumption ไม่เป็นไปตามที่กำหนด วิธีที่จะบอกได้ดีที่สุดคือ การทำ 4 compartment ที่จะวัดค่าต่างๆโดยไม่เกี่ยวข้องกัน นั่นก็คือ การวัดความหนาแน่นร่างกาย ปริมาณน้ำในร่างกาย ปริมาณกระดูก และที่เหลือจะเป็นปริมาณไขมันร่างกาย การศึกษาครั้งนี้จะมีการ subgroup เด็กชายและหญิงทั้งหมด 50 คน เพื่อการศึกษาดังกล่าว

การวัดไขมันร่างกายในภาคสนามหรือในชุมชน มักใช้อุปกรณ์ที่ง่าย ราคาไม่แพง แต่เป็นวิธีการประเมินปริมาณไขมันทางอ้อม จำเป็นต้องวัดเทียบกับวิธีการ gold standard ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันสำหรับแต่ละเพศและกลุ่มวัยต่างๆ วิธีที่ใช้ในภาคสนามได้แก่ การวัดไขมันใต้ผิวหนัง (Skinfold thickness, SKF) การวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า (Bioelectrical Impedance Analysis, BIA) ร่วมไปกับการวัดเส้นรอบวงร่างกาย (circumference) ค่าที่ได้จะเปรียบเทียบกับค่า gold standard ในการวัดอาสาสมัครกลุ่มเดียวกัน เป็นการ validate เครื่องมือภาคสนาม จากนั้นหาค่าสหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนที่ยอมรับได้ (correlation coefficient, r และ Standard Error of Estimation, SEE) โดยวิธีทางสถิติ เพื่อให้ได้สมการทำนายปริมาณไขมันที่ยอมรับได้ ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมได้นำเสนอในรายงานการทบทวนวรรณกรรมการพัฒนาแบบการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายและปริมาณไขมันร่างกายที่เชื่อถือได้และแม่นยำสำหรับคนไทย ที่เสนอต่อมูลนิธิสาธารณสุขแห่งชาติ⁽¹⁰⁾

สำหรับกลุ่มเป้าหมายที่เหมาะสมในการพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมัน ในช่วงต้นนี้ควรเป็นเด็กไทยช่วงอายุ 10-18 ปี สำหรับใช้ในการคัดกรองที่บอกถึงปัญหาภาวะอ้วนและอ้วนจากข้อมูลของเด็กไทยทดแทนสมการการทำนายที่ได้จากข้อมูลต่างชาติที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งจะนำไปสู่การ

คัดกรองกลุ่มเสี่ยงที่แท้จริงในงานเฝ้าระวังและติดตามปัญหาภาวะอ้วน ประสิทธิภาพในการวิจัยในกลุ่มเด็กจะสามารถใช้ในการพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันในกลุ่มเป้าหมายอื่นๆ คือในผู้ใหญ่ วัยรุ่น และผู้สูงอายุ

1.3 ความจำเป็นที่ต้องมีดัชนีมวลกายตามอายุ (BMI for age)

การที่จะบอกขนาดของปัญหาภาวะอ้วนของเด็กและการเฝ้าระวังในงานสาธารณสุขชุมชน ในประเทศไทยในปัจจุบันคือการใช้เกณฑ์น้ำหนักต่อส่วนสูง ซึ่งแม้จะง่ายต่อการอ่านผลมากกว่าค่าดัชนีมวลกาย(BMI) ซึ่งต้องเข้าสู่สูตรคำนวณ แต่มักจะมีปัญหาความไม่แม่นยำตรงอันเนื่องมาจากความที่ไม่เฉพาะเจาะจงกับอายุ อาจจะใช้กันได้ดีเฉพาะกลุ่มเด็กที่มีการเติบโตในช่วงปกติหรือสูง สมวัยเท่านั้น การใช้ BMI for age ในการประเมินภาวะอ้วนในเด็ก จะเป็นที่ยอมรับกันดีกว่า แต่เกณฑ์ที่วัดโดยใช้ BMI ในเด็กจะต่างกับในผู้ใหญ่ โดยที่ในผู้ใหญ่การใช้ค่า BMI 25 และ 30 นั้นได้จากการศึกษาว่ามีความสัมพันธ์กับอัตราการตายจากการเกิดโรคNCD ขณะที่ในเด็กยังไม่ถึงวัยที่จะแสดงผลว่ามีปัญหาการเกิดโรคดังกล่าว ดังนั้นการใช้ปริมาณไขมันที่สะสมในร่างกายที่เพิ่มขึ้นเกินกว่าเกณฑ์ที่จะยอมรับได้น่าจะใช้เป็นวิธีการที่ดีในการบ่งชี้ภาวะอ้วนในเด็ก มีการศึกษาเกณฑ์ของค่า BMI for Age ที่แสดงความสัมพันธ์กับระดับไขมันสะสมดังกล่าวให้ได้ระดับค่า BMI for age ที่จะใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินภาวะอ้วนที่ต้องการสะท้อนการสะสมไขมันส่วนเกินในร่างกาย จึงมีความจำเป็นเพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ภาวะอ้วนในระดับงานบริการสาธารณสุขชุมชนที่ดีกว่าเดิม

การใช้ตัวบ่งชี้ดัชนีมวลกายในเด็กต่างจากการใช้ดัชนีมวลกายในผู้ใหญ่ที่คุ้นเคยกัน เนื่องจากการที่เด็กยังมีการเปลี่ยนแปลงความสูงตามอายุ ค่าของ BMI ในเด็กจึงเปลี่ยนแปลงไปตามอายุไม่ได้เป็นค่าค่อนข้างคงที่เหมือนในผู้ใหญ่ที่ความสูงไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว ซึ่งขณะนี้เริ่มมีความพยายามที่จะพัฒนา BMI สำหรับใช้กับเด็กในหลายประเทศ ซึ่งได้เป็นค่าการกระจายตัวของค่า BMI ของแต่ละช่วงอายุ (BMI for age) ได้มีความพยายามจัดทำ International BMI for age⁽¹¹⁾ เพื่อการเปรียบเทียบผลระหว่างประเทศต่างๆ และพบว่าเกณฑ์ตัดสินที่อายุ 18 ปี ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อกับวัยผู้ใหญ่มีระดับสูงกว่าเกณฑ์ในผู้ใหญ่เพื่อแก้ไขปัญหานี้ Cole และคณะได้รวบรวมข้อมูลจาก 6 ประเทศได้แก่ อังกฤษ อเมริกา เนเธอร์แลนด์ บราซิล สิงคโปร์ ฮองกง ในเด็กแรกเกิดถึง 25 ปี ชายจำนวน 97,876 คน และหญิงจำนวน 94,851 คน แล้วใช้เทคนิคทางสถิติในการเชื่อมโยงจุดตัดสินโดยเชื่อมจากจุดตัดสินจากผู้ใหญ่มายังเด็ก ดังนั้นเกณฑ์ตัดสิน Cole และคณะ จึงมิได้พัฒนาขึ้นโดยการอิงความสัมพันธ์ต่อโรค หรือระดับไขมันสะสมแต่อย่างใด

นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่า ในกลุ่มประชากรที่มีความแตกต่างเชื้อชาติเผ่าพันธุ์ เช่นความแตกต่างระหว่าง Caucasians และ Asians ทำให้การนำ BMI for age มาใช้บอกภาวะโรคอ้วน จำเป็นต้องมีความเฉพาะของกลุ่มประชากร (ethnic group specific)⁽¹²⁾ ตัวอย่างเช่น การศึกษา

เปรียบเทียบระหว่างคนที่มีปริมาณไขมันพอกกันแต่มีค่า BMI ต่างกัน 2-3 หน่วย พบว่าคนเอเชียมีแนวโน้มที่จะมีไขมันสูงกว่าคน Caucasian ที่มีค่า BMI เท่ากัน⁽¹³⁾ สถาบันวิจัยโภชนาการได้ทดลองวิเคราะห์ข้อมูลของเด็กอายุ 9-12 ปี ในโรงเรียนประถมศึกษาเอกชน จำนวน 4 โรงเรียน ด้วย BMI for Age ของ Cole และคณะ พบว่ามีการสะสมไขมันสูงกว่าเมื่อประเมินด้วยมาตรฐานการเจริญเติบโตของเด็กไทยชุดใหม่มาทั้งในเด็กชายและเด็กหญิง โดยพบว่าภาวะอ้วนในเด็กชายเป็นร้อยละ 40.3 และในเด็กหญิงร้อยละ 26.5⁽⁸⁾ ดังนั้น BMI for age สำหรับเด็กอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาในกลุ่มประชากรนั้นๆ เนื่องจากมีความแตกต่างทางเชื้อชาติ

แนวคิดที่จะหาความสัมพันธ์ของ BMI for age เพื่อหาจุดตัดสินที่เหมาะสมที่จะระบุภาวะน้ำหนักเกินหรือภาวะอ้วน ควรทำความเข้าใจกับการประเมินไขมันสะสมของร่างกายของเด็กไทยที่ต้องมีความแม่นยำเพื่อให้ได้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดจุดตัดที่ใช้เตือนภัยว่าเข้าสู่ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนนั่นเอง โดยอยู่ในรูปแบบที่มีความจำเพาะของอายุและเพศ (age and sex specific) และเนื่องจากปริมาณไขมันในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเจริญเติบโต (redistribute during growth) การประเมินไขมันในร่างกายจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับการวัดน้ำหนักและส่วนสูง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างไขมันสะสมกับ BMI ในแต่ละช่วงอายุ เป็นปัจจัยที่ช่วยกำหนดเกณฑ์ตัดสินของ BMI for age ของช่วงอายุนั้นๆ รวมทั้งการต่อจุดตัดจากการแบ่งตัวและอ้วนในผู้ใหญ่มายังเด็กตามที่ Cole (2000) ได้ทำใน 8 ประเทศ หรือที่ Yap (2000) ทำในเด็กสิงคโปร์

การศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ แต่การวัดปริมาณไขมันของร่างกายโดยใช้ DEXA เป็น gold standard ซึ่งจะให้ค่าไขมันสะสมที่แม่นยำสามารถดำเนินการได้กับกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนจำกัดและทำได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการวัดไขมันใต้ผิวหนังและเส้นรอบวงร่างกาย (circumference) ในส่วนต่างๆของร่างกาย เปรียบเทียบกับการวัดที่แม่นยำโดยใช้ DEXA และ / หรือ stable isotope (D_2O) เพื่อพัฒนาให้ได้สมการทำนายปริมาณไขมันของเด็กไทยที่แม่นยำและเชื่อถือได้ เลือกสมการจากการวัดค่าที่มีความแปรปรวนน้อยมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันสะสมที่คำนวณได้จากการวัดไขมันใต้ผิวหนังและเส้นรอบวงร่างกายกับค่า BMI for age ที่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ในชุมชนเกณฑ์ BMI for age ที่พัฒนาด้วยขั้นตอนดังกล่าวจะเป็นตัวบ่งชี้ที่อิงเกณฑ์ระดับไขมันสะสมซึ่งสามารถใช้ในการเฝ้าระวังภาวะอ้วนในเด็กทางสาธารณสุขชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.4 การประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย : ปัจจัยร่วมในการทำนายความเสี่ยงต่อโรคอ้วน

จากการที่มีความไม่แน่นอนในการประเมินการบริโภคอาหารในเด็ก ซึ่งเป็นปัจจัยที่บอกถึงการได้รับพลังงานเกิน การวัดการเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical activity, PA) ที่สะท้อนถึงการใช้พลังงานร่างกายนั้นได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีรูปแบบการ

ประเมิน PA ที่เชื่อถือได้และแม่นยำ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาแบบสอบถามที่เหมาะสมกับบริบทของเด็กไทย ซึ่งในอดีตการสร้างแบบสอบถามสำหรับผู้ใหญ่และเด็ก มักจะตั้งข้อคำถามให้สื่อความหมายตามความคิดเห็นของผู้รู้หรือผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น (content expert) แต่ไม่ได้ทำการทดสอบ validity และนัยยะที่อาจทำการทดสอบ reliability ของแบบสอบถามเท่านั้น⁽¹⁴⁾ ทำให้ไม่สามารถมั่นใจได้ว่าแบบสอบถามนั้นมีความครอบคลุมและสามารถวัดในสิ่งที่ต้องการประเมินคือ ระดับการเคลื่อนไหวได้ดีแม่นยำน้อยเพียงใด นอกจากนี้การพัฒนาแบบสอบถามมักมีความหลากหลายในการให้คะแนนด้วยวิธีต่างๆ⁽¹⁵⁾ ซึ่งยากต่อการที่จะทำมาศึกษาเปรียบเทียบกันได้ ทำให้ต่อมานิยมให้คะแนนเป็นหน่วยที่เกี่ยวข้องกันค่าพลังงานที่จะต้องใช้ในการทำกิจกรรมนั้นๆ เช่น energy expenditure (EE), metabolic equivalent time (MET) เป็นต้น⁽¹⁶⁾

ดังนั้นในปัจจุบันวิธีการสร้างแบบสอบถามจึงมีขั้นตอนต่างๆที่ต้องอาศัยทั้ง content expert และวิธีการทางสถิติในการคัดกรองข้อคำถาม(item selection)⁽¹⁷⁾ ตามกลุ่มประชากรเป้าหมายร่วมด้วย แบบสอบถามที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจะมีขั้นตอนการสร้างข้อคำถามด้วยเทคนิคได้หลายวิธี เช่น empirical approach technique⁽¹⁸⁾ หรือ focus group interview⁽¹⁹⁾ ซึ่งจะเป็นการรวบรวมกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้องและเป็นไปได้ทั้งหมดให้ครอบคลุมในกลุ่มประชากรเป้าหมายอย่างมีรูปแบบ จนได้ข้อคำถามที่เกี่ยวข้องมากมายแต่เกินความจำเป็นและอาจซ้ำซ้อน จึงต้องมีการทดสอบคัดกรองและจัดหมวดหมู่ของข้อคำถามด้วยการทดสอบแบบสอบถามในกลุ่มประชากรตัวอย่างจำนวนประมาณ 8-10 เท่าของข้อคำถามด้วยวิธีทางสถิติต่างๆ จนเป็นแบบสอบถามต้นแบบที่จะนำไปใช้ได้

การทดสอบ validity มักจะเป็นแบบ criterion validity⁽¹⁷⁾ โดยการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานในภาคสนามที่วัดการเคลื่อนไหวร่างกาย(motion sensors) ชนิดต่างๆ ที่ผ่านการ validate เทียบกับวิธีที่ยอมรับในขณะนี้ว่าเป็นเครื่องมือมาตรฐาน (gold standard) ในห้องปฏิบัติการ โดยการใช้ Double Labeled Water technique (DLW) ซึ่งเป็น stable isotope⁽¹⁴⁾ ในการประเมินพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละวัน (total energy expenditure) ระดับความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามกับเครื่องมือมาตรฐาน จะเป็นตัวบ่งชี้ความแม่นยำของแบบสอบถามนั้นๆ⁽²⁰⁾ ในบางครั้งมักจะมีการทดสอบหา construct validity ของแบบสอบถามเพิ่มต่อไปด้วยการทำ cross validity test ในประชากรกลุ่มอื่น เพื่อจะแสดงว่าแบบสอบถามนั้นๆมีความสามารถในการเคลื่อนไหวของประชากรที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันได้ดีชัดเจนเพียงใด

การทดสอบหา reliability ของแบบสอบถามก็มีความสำคัญมากเช่นเดียวกัน⁽²⁰⁾ เพราะปัญหาหลักของการตอบแบบสอบถามจะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ตอบที่จะต้องจดจำหรือรำลึกย้อนหลัง(recall) กิจกรรมในอดีตที่ผ่านมาได้หรือไม่ การกำหนดระยะเวลาในการย้อนรำลึกถึงกิจกรรมที่ต้องการถามจะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญมาก⁽²¹⁾ โดยเฉพาะในประชากรเด็กที่มีปัญหา

มากกว่าในผู้ใหญ่⁽²²⁾ ดังนั้นแบบสอบถามในเด็กจึงควรมีระยะเวลาในการรำลึกสั้น (short-time recall) คือประมาณ 1-3 วัน ขึ้นอยู่กับอายุของประชากรเด็กที่ต้องการศึกษา ไม่เหมือนแบบสอบถามของผู้ใหญ่ที่เคยมีในอดีต ที่อาจจะถามให้นึกย้อนไปเป็น สัปดาห์ เดือน ปี หรือที่มักจะทำโดยทั่วไป ซึ่งจะมีความผิดพลาดสูงมากขึ้นตามลำดับ ปัจจุบันวิธีการทดสอบความน่าเชื่อถือจึงมักจะทำให้ทำแบบสอบถามซ้ำ(test-retest reliability) และกำชับให้รำลึกช่วงเวลาเดิมในการทำแบบสอบถามซ้ำในครั้งที่สอง เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดจากการแปรปรวนของระดับกิจกรรมที่จะเปลี่ยนไปตามเวลา⁽¹⁶⁾

การวัด PA ของเด็กจะสามารถแยกแยะระดับการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยร่วมในการบอกถึงปัจจัยเสี่ยงของเด็กท้วมและอ้วน ปัจจุบันในประเทศไทยได้มีความพยายามที่จะประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้ใหญ่⁽²³⁾ โดยใช้แบบสอบถามซึ่งได้ validate กับเครื่องมือ motion sensor ที่เป็น single-axial accelerometer ที่มีชื่อว่า Actigraph⁽²⁴⁻²⁶⁾ ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐานในงานวิจัยภาคสนามที่มีความถูกต้องสูง โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบได้กับการใช้ DLW และในปีที่ผ่านมามีความพยายามที่จะพัฒนาแบบสอบถามที่ใช้ในเด็กหญิงอายุ 7-8 ปีในโครงการประสิทธิภาพของการเพิ่มการออกกำลังกายต่อการเพิ่มมวลกระดูกของเด็กหญิง ซึ่งอยู่ในระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูล อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม ทั้งในกลุ่มเด็กหญิงและเด็กชาย

ปัญหาโรคอ้วนในเด็กในระยะยาวจะสัมพันธ์กับอัตราการเจ็บป่วยและอัตราการตาย (morbidity and mortality) หรือไม่นั้น ยังไม่มีข้อมูลเพียงพอ อย่างไรก็ตามการศึกษาหลายการศึกษาแสดงถึงการที่เด็กอ้วนจะเป็นผู้ใหญ่อ้วน ซึ่งเมื่อถึงตอนนั้นจะพบความสัมพันธ์กับอัตราการเจ็บป่วยและตาย การป้องกันปัญหาก็คือมีเกณฑ์ชี้วัดที่เชื่อถือได้และแม่นยำในการคัดกรองผู้ที่มีแนวโน้มจะมีปัญหา เพื่อการเฝ้าระวังและดูแลด้านสาธารณสุขชุมชนไม่ให้ปัญหาลุกลามนั่นเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงวัยเด็กก่อนเข้าสู่วัยรุ่น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาแบบสำรวจการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายของเด็กไทย
2. เพื่อพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันที่มีความเชื่อถือได้ และแม่นยำของเด็กไทย
3. เพื่อศึกษาการวัดปริมาณไขมันร่างกาย โดยใช้ 4 compartment model
4. เพื่อสร้างมาตรฐานดัชนีมวลกายตามอายุ (BMI for age) ของเด็กไทย โดยใช้เกณฑ์ปริมาณไขมันร่างกายที่เหมาะสม

ระยะเวลาดำเนินการ 15 สิงหาคม 2547 – 28 ธันวาคม 2551

3. วิธีการศึกษาและผล

การศึกษานี้แบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงแรกเป็นการพัฒนาวิธีการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย ช่วงที่สองเป็นการหาค่าความเชื่อถือได้และประเมินความแม่นยำ (Validity & Reliability) ของการวัดการเคลื่อนไหวร่างกายเทียบกับ Actigraph และการประเมินไขมันร่างกายเทียบกับ DEXA และช่วงที่สามเป็นการนำการประเมินไขมันจากสมการที่ได้ในช่วงสอง วัดไขมันเด็กไทยจากการสุ่มอย่างเป็นระบบจากทั่วประเทศ เพื่อสร้างมาตรฐานดัชนีมวลกายตามอายุ (BMI for age) ของเด็กไทย โดยใช้เกณฑ์ปริมาณไขมันร่างกายที่เหมาะสม

โครงการนี้ได้รับการรับรองโดยคณะกรรมการสิทธิมนุษยชนเกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ภาคผนวก ก)

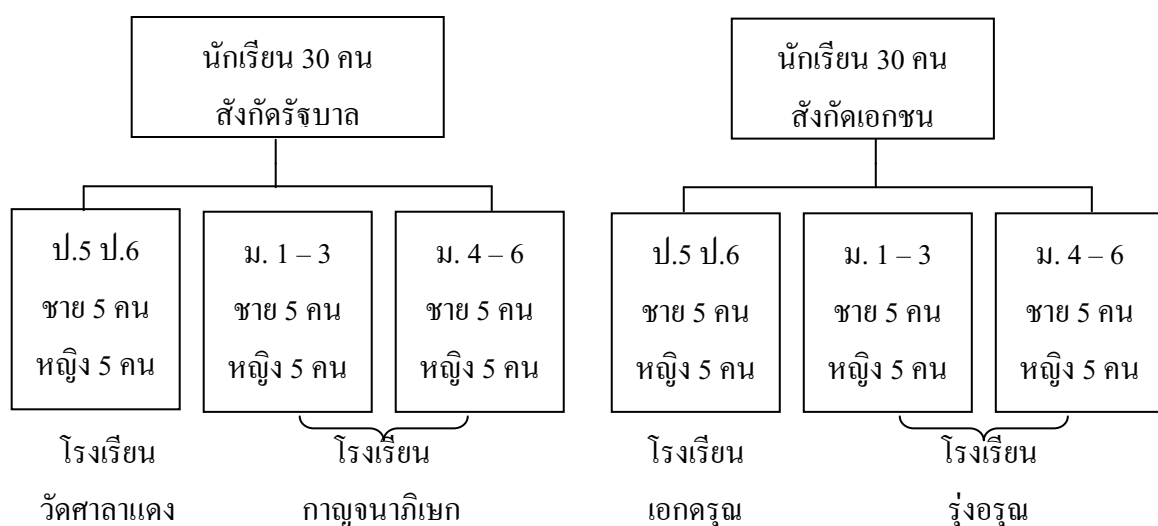
ช่วงที่ 1

การพัฒนาแบบสอบถามประเมินการเคลื่อนไหวร่างกาย

3.1 การพัฒนาต้นแบบแบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย (Prototype Physical Activity Questionnaire)

3.1.1 การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Indepth Interview)

ทำการรวบรวมข้อคำถาม และตัวอย่างแบบสอบถามที่มีการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายจาก International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) และ Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) เพื่อสร้างประเด็นคำถาม จากนั้นทำคู่มือสัมภาษณ์เจาะลึกกลุ่มเป้าหมาย (ภาคผนวก ข) ในการเจาะลึกกลุ่มเป้าหมายได้ มีการติดต่อโรงเรียน 4 โรงเรียน เพื่อสัมภาษณ์เจาะลึกกลุ่มนักเรียน อายุ 10 – 18 ปี ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มนักเรียนในสังกัดรัฐบาล 30 คน และโรงเรียนในสังกัดเอกชน 30 คน ดังแสดงตามผัง



หัวข้อที่สัมภาษณ์เกี่ยวกับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย ข้อมูลการเดินทางมาเรียน กิจกรรมที่ทำในโรงเรียน กิจกรรมที่ทำที่บ้าน การช่วยงานบ้าน การออกกำลังกาย การละเล่น รวมทั้งกิจกรรมที่เน้นการนั่ง เช่น ดูทีวี เล่นเกมคอมพิวเตอร์ ขณะสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคน ได้ขออนุญาตอัดเทป เพื่อให้ได้รายการกิจกรรมทุกกิจกรรมที่นักเรียนทำ หลังจากถอดเทปนักเรียนทุกคน (ภาคผนวก ค) บันทึกทุกกิจกรรมที่นักเรียนทำทั้งหมดลงในโปรแกรม Excel แล้วหาค่า MET ของแต่ละกิจกรรม โดยเทียบค่าการใช้พลังงานในแต่ละกิจกรรมจากตาราง Compendium table⁽²⁷⁾ และแสดงใน (ภาคผนวก ง) นอกจากนี้มีการเพิ่มเติมกิจกรรมของนักเรียนที่ได้มาจากการศึกษาของเด็กไทยที่ผ่านมา^(28, 29)

3.1.2 Draft questionnaire นำกิจกรรมทั้งหมดที่ได้จากการสัมภาษณ์เจาะลึกและการศึกษาเพิ่มเติมในงานวิจัยที่ผ่านมา นำมาจัดทำแบบสอบถามร่างแรก (ภาคผนวก จ) แบ่งกิจกรรมเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กิจกรรมทั่วไป ประกอบด้วย กิจกรรมพักผ่อนหย่อนใจต่างๆ
- กิจกรรมงานบ้าน งานครัว การช่วยงานผู้ปกครอง
- กิจกรรมการละเล่น การออกกำลังกาย หรือเล่นกีฬา

คัดเลือกนักเรียน 30 คน เพื่อทำการทดสอบความเข้าใจในการทำแบบสอบถาม(Pre-test) ในนักเรียนโรงเรียนเอกตรุณ โรงเรียนคลองทวีวัฒนา พบว่า นักเรียนในชั้น ป.5 ป.6 มักมีปัญหาตอบคำถามเกี่ยวกับความนานของการทำกิจกรรม ดังนั้นแบบสอบถามที่จะพัฒนา จึงถูกปรับเปลี่ยนเป็น 2 ชุด คือ

- 1.ชุดประถม (ภาคผนวก ฉ) ประกอบด้วยรายการกิจกรรมที่ทำ ไม่มีระยะเวลาที่ทำกิจกรรม
- 2.ชุดมัธยม (ภาคผนวก ช) ประกอบด้วยรายการกิจกรรมที่ทำ และมีระยะเวลาที่ทำกิจกรรม

เพื่อให้ข้อคำถามกิจกรรมนั้นครอบคลุมกิจกรรมที่นักเรียนทำ และครอบคลุมทั่วประเทศ จึงส่งแบบสอบถามต้นแบบทั้ง 2 แบบ ไปทั่วประเทศ โดยทำการแบ่งประเทศไทยเป็น 5 ส่วน คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกรุงเทพมหานคร แล้วสุ่มโรงเรียนจาก 5 ส่วนดังกล่าว ติดต่อโรงเรียนเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม ขอทราบจำนวนนักเรียน และจำนวนห้องในแต่ละชั้นปี เมื่อได้รับการยินยอมให้ความร่วมมือ ได้แจ้งการสุ่มห้องที่ให้ทางโรงเรียนจัดเก็บข้อมูลแบบสอบถาม ทีมงานได้จัดส่งแบบสอบถามทั่วประเทศ 4,280 ชุด ประกอบด้วย ชุดประถม 1,397 ชุด และชุดมัธยม 2,883 ชุด และใส่ซองติดแสตมป์เพื่อให้โรงเรียนส่งแบบสอบถามกลับคืน

จากการโทรศัพท์ติดตามการเก็บข้อมูลของโรงเรียนต่างๆทั่วประเทศ ได้ข้อมูลกลับคืนมาจำนวน 59 โรงเรียน จากโรงเรียนทั้งหมด 79 โรงเรียน โดยมีจำนวนแบบสอบถามชุดประถมจำนวน

1,348 ชุด และชุดมัธยมจำนวน 2,742 ชุด การวิเคราะห์แบบสอบถามต้นแบบเพื่อหา Validity และ Reliability และนำข้อมูลที่ได้สมบูรณ์มาวิเคราะห์เพื่อทำ item selection

3.1.3 การทดสอบความเที่ยงตรง (Criterion-Related Validity และ Constructed Validity) ข้อคำถามจากข้อมูลเด็กทั่วประเทศ

โดยแบบสอบถามทั้งหมดที่ส่งกลับมา นำมาวิเคราะห์บางส่วน (เนื่องจากแบบสอบถามบางฉบับตอบไม่สมบูรณ์) แบบสอบถามชุดประถมวิเคราะห์ 1,123 ชุด และชุดมัธยม 1,013 ชุด ทำการคัดเลือกหัวข้อกิจกรรมที่มีค่าสหสัมพันธ์ของกลุ่มกิจกรรมต่างๆ จากค่า Item และ Total Correlation Coefficient เพื่อนำไปใช้จึงพบว่า แบบสอบถามชุดประรมมีทั้งหมด 138 รายการ หลังจากวิเคราะห์เหลือเฉพาะ 98 รายการที่มีค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 0.4 และมีค่า Cronbach Alpha Coefficient = 0.94 สำหรับแบบสอบถามชุดมัธยมมีทั้งหมด 139 รายการ หลังจากวิเคราะห์เหลือ 66 รายการ และให้ค่า Cronbach Alpha Coefficient = 0.83 โดยพัฒนาแบบสอบถามจากการเลือกกิจกรรมที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่ยอมรับได้ทางสังคมศาสตร์ (ค่า Cronbach Alpha Coefficient ไม่ควรต่ำกว่า 0.6)

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) เพื่อจำแนกและจัดกลุ่มกิจกรรมที่มีความใกล้เคียงกัน โดยเลือกค่า Communalities ของแต่ละกิจกรรมที่มากกว่า 0.5 ไปด้วยกัน หลังจากนั้นสรุปเป็นแบบสอบถาม 2 ชุด (ภาคผนวก ซ, ฉ) แล้วนำไปทดสอบความเที่ยงตรงในช่วงที่ 2 ต่อไป

ช่วงที่ 2

การหาค่าความเชื่อถือได้ (Validity) และความแม่นยำ (Reliability) ของ แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายที่พัฒนาขึ้นเทียบกับ Actigraph และการ ประเมินไขมันร่างกายเทียบกับ DEXA

3.2 การหาค่าความเชื่อถือได้และความแม่นยำของแบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย

3.2.1 การหาค่าความเชื่อถือได้และความแม่นยำของแบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย เทียบกับ Actigraph

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความแม่นยำของแบบสอบถามที่จะพัฒนา คือ เครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกาย ที่ชื่อว่า Actigraph accelerometer จากบริษัท Computer Science Application (CSA) model 7164 ผลิตจาก Florida ประเทศอเมริกา เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กซึ่งพัฒนาขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแปลงความเร็ว ความรุนแรง และทิศทางการเคลื่อนไหวร่างกายในแนวดิ่ง ให้เป็นคลื่นแม่เหล็ก แล้วรายงานผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กจาก Actigraph รายงานเป็นตัวเลขในหน่วย Counts ต่อเวลาที่ติดเครื่อง สามารถตั้งโปรแกรมให้เริ่มวัดในเวลาที่กำหนด มีความสามารถเก็บข้อมูลได้นานถึง 3 – 6 สัปดาห์ ซึ่งเก็บความละเอียดของการเก็บข้อมูล ด้วยเทคโนโลยีใหม่นี้ จึงมีผู้นิยมใช้แทนวิธีการเฝ้าสังเกต และบันทึกกิจกรรมในแบบเก่า (Time motion record) ซึ่งมีข้อจำกัด ไม่สะดวกและรบกวนกิจวัตรประจำวันของผู้ถูกสำรวจ

3.2.1.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา

- กลุ่มทดลองการใช้และยอมรับ Actigraph รวมทั้งกลุ่มที่ตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ ได้แก่ กลุ่มผู้ออกกำลังกายอย่างหนัก เช่น กลุ่มผู้ออกกำลังกายโดยการเดินแอโรบิค กลุ่มนักกีฬาวิ่งระยะสั้นและระยะไกล กลุ่มนักเรียนโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ รวมทั้งหมด 30 คน

- กลุ่มหาความเชื่อถือได้และความแม่นยำของแบบสอบถามเมื่อเทียบกับ Actigraph อาสาสมัครชายหญิง 589 คน จากโรงเรียนประถม 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนคลองทวีวัฒนา โรงเรียนตั้ง พิรุฬห์ธรรม โรงเรียนวัดศาลาแดง โรงเรียนคลองบางพรหม โรงเรียนมัธยม 5 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนยอแซฟอุปถัมภ์ โรงเรียนกาญจนาภิเษก นครปฐม โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชบวร โรงเรียนสุวรรณพลับพลา โรงเรียนวัดปุณณวาส ได้รับการชี้แจงขั้นตอนการเก็บข้อมูล และกรอกแบบฟอร์มการเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ (Sign informed consent) มีการจัดตารางการติดเครื่อง Actigraph ต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วันตามความสะดวกของอาสาสมัคร ในระหว่างการเก็บข้อมูลมีการตรวจการติด

เครื่องมือหลายวิธี ได้แก่ การติดต่ออาจารย์ผู้ประสานงาน การโทรศัพท์ถึงอาสาสมัคร การส่ง SMS เตือนให้ใส่เครื่องทุกเช้า นอกจากนี้มีการแจกรางวัลพิเศษให้สำหรับผู้ติดเครื่องต่อเนื่อง

3.2.1.2 การเก็บข้อมูล

- การตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือ เครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกายมีทั้งหมด 35 เครื่อง ทำการตรวจอายุการทำงานของแบตเตอรี่ในเครื่องและกำหนดเวลาที่เริ่มบันทึกข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ นำเครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกายที่พร้อมจะเก็บข้อมูลร้อยใส่เข็มขัดบริเวณเอว แล้วลองเดินบนเครื่องสายพานเลื่อน (Treadmill) ด้วยความเร็วระดับต่างๆ ตั้งแต่เดินช้าๆ ประมาณ 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จนกระทั่งวิ่งด้วยความเร็วสูงประมาณ 15 – 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของระดับการเคลื่อนไหวสอดคล้องกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นหรือไม่ นำข้อมูลของการเคลื่อนไหวถ่ายเข้าคอมพิวเตอร์ แล้วอ่านรูปภาพจากโปรแกรม Excel (ภาคผนวก ญ) ในการทดสอบแต่ละครั้งทำที่ละ 8 – 10 เครื่อง หากรูปภาพของเครื่องวัดการเคลื่อนไหวเครื่องไหนที่อ่านรูปภาพแตกต่างจากเครื่องอื่น หรือไม่สอดคล้องตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น จะต้องทำการตรวจเช็คใหม่ จนกว่าจะไม่มีความผิดปกติ จึงจะนำไปเก็บข้อมูลจริง ในการตรวจสอบเครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกายแต่ละเครื่องจะตรวจสอบทุกครั้งก่อนนำไปใช้อย่างน้อยเดือนละ 2 ครั้ง

- การทดสอบการยอมรับและการใช้งานเครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกาย เครื่องมือที่ผ่านการทดสอบการทำงานและใช้คอมพิวเตอร์กำหนดเวลาทำงานนี้ ได้นำไปทดสอบการยอมรับและเป็นไปได้ในการใส่ตลอดอย่างต่อเนื่อง 7 วัน โดยทดลองในกลุ่มคนหลายๆ กลุ่ม รวมทั้งหมด 30 คน พบว่าบางครั้งเครื่องไม่บันทึกข้อมูล จากการที่จุด contact ของเครื่องและผิวหนังไม่ดีและบางครั้งสายรัดไม่แน่นทำให้เครื่องกระดกไปมา ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง จึงทำการปรับเปลี่ยนจากการใช้สายเข็มขัดติดเครื่องมาเป็นกระเป๋าลำลอง เหน็บไว้บริเวณเอว ดังแสดงในภาคผนวก ฎ

- การเตรียมคู่มือในการบันทึกการติดเครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกาย อาสาสมัครทุกคนจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดของโครงการฯ เพื่อให้เข้าใจและปฏิบัติตามข้อกำหนด คือ ติดเครื่องมือบริเวณเอวตลอดเวลา ยกเว้นเวลาอาบน้ำ หรืออาบน้ำทางน้ำ เช่น ว่ายน้ำ และบันทึกในแบบบันทึก (ภาคผนวก ฎ) ทุกครั้งที่มีการถอดเครื่องนานเกิน 1 ชั่วโมง ในช่วงที่นักเรียนอยู่โรงเรียนมอบหมายให้ครูผู้ประสานงานดูแลและตรวจเช็คการใส่เครื่องมือและบันทึก เพื่อยืนยันให้ผู้วิจัยทราบ นอกจากนี้ผู้วิจัยโทรติดตามอาสาสมัครในช่วงเวลาที่อยู่บ้าน เช่นวันหยุดหรือเข้าก่อนมาโรงเรียน เพื่อตรวจสอบรวมทั้งเตือนให้ติดเครื่องมือตลอดเวลา และนัดวันส่งเครื่องคืนผู้วิจัย (ภาคผนวก ฎ)

กระบวนการทั้งหมดมีส่วนช่วยให้คุณภาพของข้อมูลของเครื่องวัดการเคลื่อนไหวร่างกาย สอดคล้องกับกิจกรรมที่อาสาสมัครทำ โดยมีการสอบถามอาสาสมัครอีกครั้งหลังจากที่นำเครื่องวัด การเคลื่อนไหวไปถ่ายข้อมูลลงคอมพิวเตอร์ แล้วพบว่ามีความผิดปกติ (เช่น ในช่วงที่ไม่มีคลื่นของ การเคลื่อนไหวนานๆ หมายถึงไม่ได้ใส่หรือเป็นกิจกรรมที่อยู่นิ่งๆ) กรณีที่ไม่ได้ใส่นานเกินกำหนด จำเป็นต้องขอให้อาสาสมัครติดเครื่องวัดการเคลื่อนไหวเพิ่มเติม หรือบางครั้งจำเป็นต้องยกเลิกข้อมูล ของอาสาสมัครนั้นทิ้งไปทั้งหมด หากพบว่าเวลาส่วนใหญ่ไม่ได้ติดเครื่องมือ เป็นต้น

กลุ่มหาความเชื่อถือได้และแม่นยำของแบบสอบถามเมื่อเทียบกับ Actigraph อาสาสมัคร ชายหญิง 589 คน ได้รับเครื่อง Actigraph และติดเครื่องอย่างต่อเนื่อง 7 วัน หลังจากนั้นทำ แบบสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมที่ทำตลอด 7 วันที่ผ่านมา (PAQ1) พร้อมทั้งการทดสอบ reliability โดยการทำแบบสอบถามครั้งที่ 2 (PAQ2) โดยแบบสอบถามทั้ง 2 ครั้งห่างกัน 1-3 วัน เพื่อวัดความ แม่นยำของแบบสอบถาม PAQ1 และ PAQ2

3.2.1.3 สถิติที่ใช้

การทำ validation & cross validation ใช้สถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง Actigraph กับ แบบสอบถาม ใช้ Spearman 's Correlations และ Pearson Correlations และใช้สถิติ Intraclass Correlations เพื่อวัดความเชื่อถือได้ (Reliability)

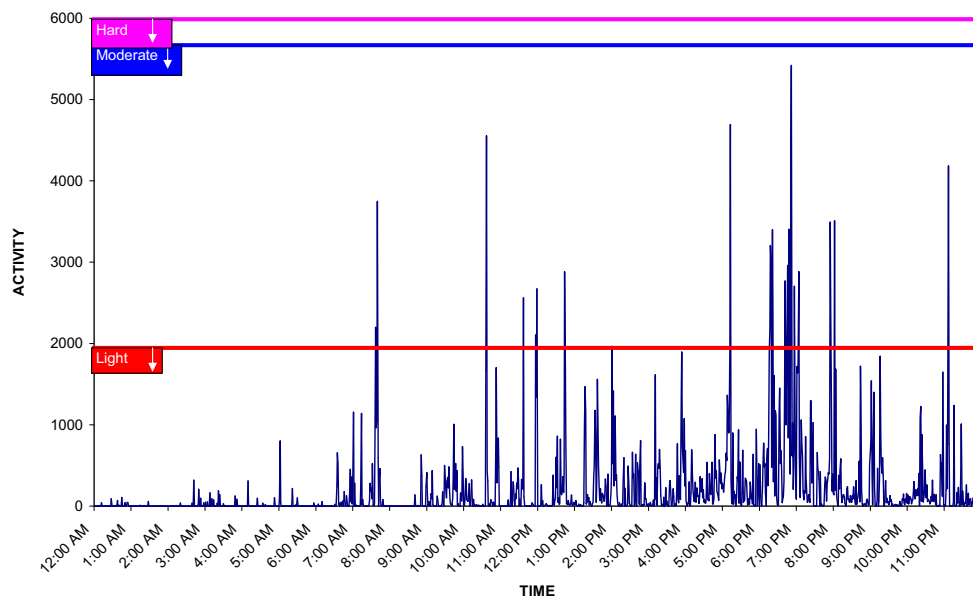
3.2.1.4 ผลการศึกษา

ในขณะดำเนินการวิจัยมีอาสาสมัคร 23 คน (ชาย 16 คน หญิง 7 คน) ถอนตัวออกจาก โครงการ เนื่องจากปัญหาไม่ตอบแบบสอบถาม ทำเครื่องหายและชำรุด และมีภารกิจที่ทำให้การเก็บ ข้อมูลไม่ครบ 7 วัน

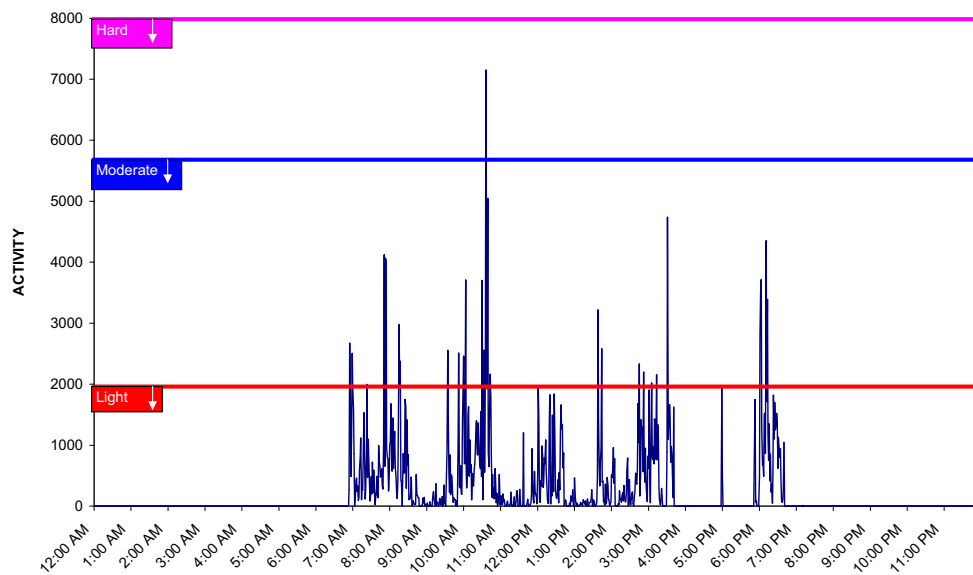
จากข้อมูลในเครื่อง Actigraph และแบบสอบถามครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ได้นำไปถ่ายข้อมูล และกรอกข้อมูล เพื่อกำหนดวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหา validity และ reliability

- ข้อมูลที่ออกมาจาก Actigraph เป็นตัวเลขแสดงระดับการเคลื่อนไหวตลอดเวลาที่นักเรียน ใส่ ข้อมูลมีหน่วยเป็น count per day เมื่อนำค่าทั้ง 7 วัน มารวมกัน จะได้ค่าระดับการทำกิจกรรมทั้ง สัปดาห์เป็น count per week แต่หากใส่ในช่วงของวันหรือตลอดทั้งวัน ตัวเลขที่ถ่ายออกมาจะ เป็น "0" ซึ่งทำให้ไม่สอดคล้องกับกิจกรรมที่นักเรียนทำจริงดังนั้นนักเรียนกลุ่มที่ใส่เครื่องน้อยจะได้ค่า count per week ไม่ถูกต้อง (ดังรูปที่ 1-3 แสดงกราฟตัวอย่างของอาสาสมัครที่ใส่เครื่องทั้งวัน ใส่บ้าง และใส่น้อย)

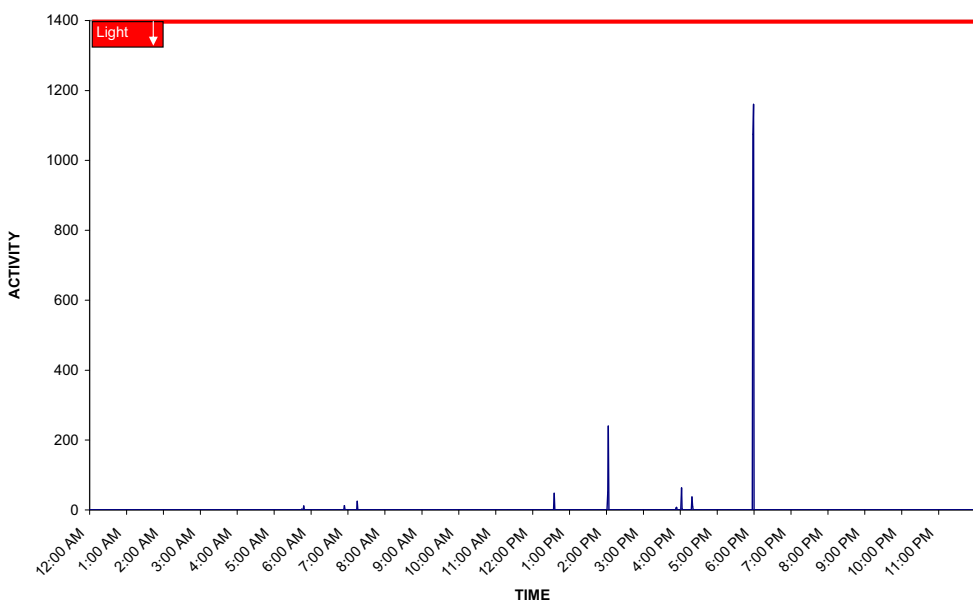
รูปที่ 1 graph shows different level of activity performed in a day



รูปที่ 2 graph shows different level of activity performed (< 14 hr)



รูปที่ 3 graph shows no signal of wearing Actigraph



จัดแบ่งกลุ่มนักเรียนตามระยะเวลาการติดเครื่องเป็น 3 กลุ่ม แยกตามรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Characteristic of level in wearing Actigraph

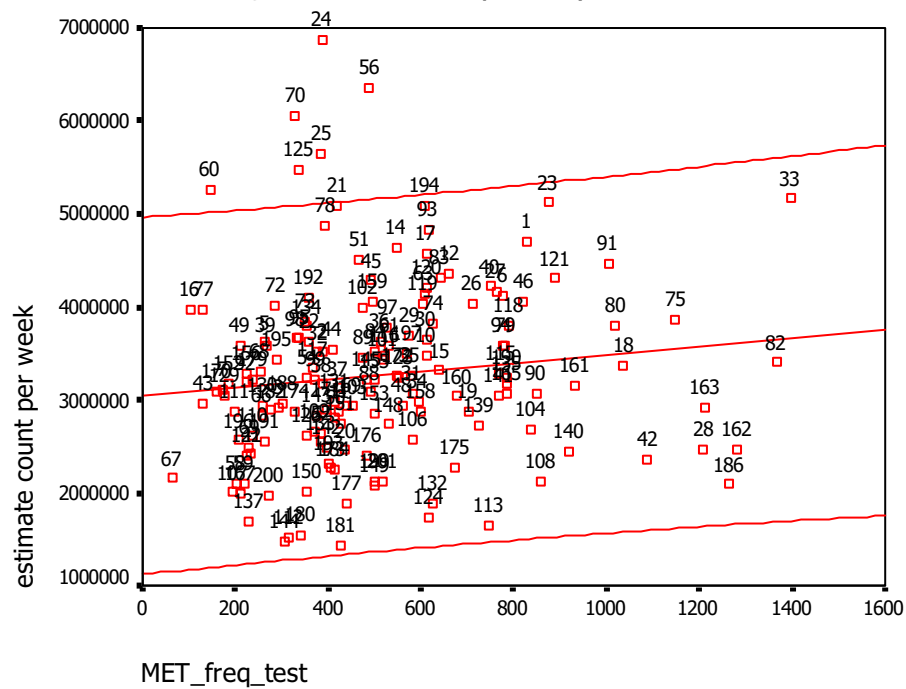
กลุ่มที่	รายละเอียด
ใส่ครบทั้ง 7 วัน “สมบูรณ์”	นับวันติดในแต่ละ วัน ไม่น้อยกว่า 14 ช.ม. ทุกวัน
ใส่บ้าง “พอใช้ได้”	วันเรียนติดไม่น้อยกว่า 14 ช.ม. อย่างน้อย 4 วัน วันหยุด วันใดวันหนึ่งติด มากกว่า 8 ช.ม. และ อีกวันต้องติดไม่น้อยกว่า 4 ช.ม.
ใส่น้อยมาก “ไม่สมบูรณ์”	นอกเหนือจาก 2 กลุ่มที่กล่าวมาแล้วจะทิ้ง

จากการแบ่งกลุ่มอาสาสมัครชายหญิงอายุ 10 – 18 ปีจากโรงเรียนตามการติดเครื่องได้จำนวนอาสาสมัครที่คัดกรองเพื่อนำมาวิเคราะห์ จากจำนวนทั้งหมด 566 คน ตัดกลุ่มสุดท้ายที่ติดน้อยมากออก และ คนที่มี ค่า count per week ไม่สอดคล้องกับแบบสอบถามครั้งที่ 1 (รูปที่ 4) รวมทั้งหมด 224 คน ประกอบด้วย ประถม 37คน และ มัธยม 187 คน เหลือ 332 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

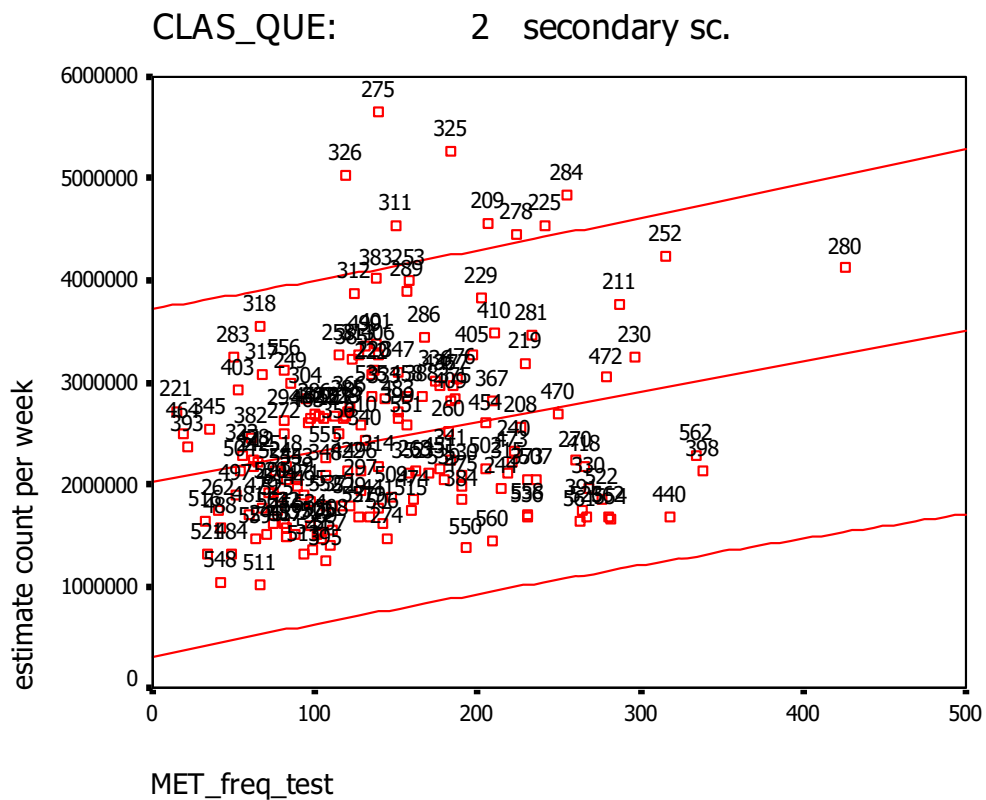
ตารางที่ 2 Number of children in the PAQ study (n = 332)

		เพศ		รวม
		ชาย	หญิง	
ประถม	พอใช้ได้	16	17	33
	สมบูรณ์	63	61	124
	รวม	79	78	157
มัธยม	พอใช้ได้	23	18	41
	สมบูรณ์	37	97	134
	รวม	60	115	175

รูปที่ 4 Relationship of Actigraph value (estimated count per week and Met_freq_test
in elementary school children



รูปที่ 5 Relationship of Actigraph value (estimated count per week and Met_freq_test
in secondary school children



สำหรับกลุ่มพอใช้ได้ มีการประมาณค่า count per week ในช่วงที่ไม่ได้ใส่โดยการคำนวณค่า count ในช่วงไม่ใส่ จากค่าเฉลี่ยในวันที่ใส่เครื่อง ยกตัวอย่างเช่น ลืมใส่เครื่องในช่วง 7.00 – 16.30 นาฬิกา ของ วันพฤหัสบดี ก็ใช้ค่าเฉลี่ยของวันเรียนทั้ง 4 วัน ที่ติดเครื่องในช่วงเวลาเดียวกันแทน และในวันหยุดในช่วงเวลาที่ขาด ก็ใช้ค่า count ของวันหยุดอีกวันในช่วงเวลาเดียวกันแทน หลังจากนั้นจึงนำค่าผลรวมของ count per day มารวมเป็น estimated count per week

- ข้อมูลจากแบบสอบถามกิจกรรม เป็นช่วงเดียวกับการติดเครื่องวัดระดับการเคลื่อนไหว (Actigraph) โดยให้นักเรียนเลือกกิจกรรมที่ทำและระบุความถี่ที่ทำต่อสัปดาห์ ในกรณีแบบสอบถามชั้นมัธยม ให้นักเรียนกรอกระยะเวลาที่ทำกิจกรรมนั้นๆด้วย แบบสอบถาม ทั้ง ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นำมาตรวจเช็คและข้อมูลที่ได้นำมาป้อนลงในโปรแกรม Excel คำนวณ ค่าพลังงานที่ใช้ใน 1 สัปดาห์ ใช้ฐานข้อมูล จากค่า MET ของ Compendium table ในการระบุความหนักของแต่ละกิจกรรม ค่าที่ได้จากกิจกรรมที่ทำทั้งหมด นำมาคำนวณพลังงานที่ใช้ต่อสัปดาห์ ในหน่วย METS_{min} / week หรือ METS / week โดยการรวมค่าพลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆทั้งสัปดาห์ ในกรณีที่นักเรียนตอบแบบสอบถามไม่ครบเพียงแค่งานเดียว เช่น เลือกทำกิจกรรมว่ายน้ำ แต่ไม่ระบุว่าทำกี่วันต่อสัปดาห์ การหาค่าโดยคำนวณพลังงานต่อสัปดาห์ ของนักเรียนคนนั้น ในกิจกรรมว่ายน้ำก็จะไม่มี

การคำนวณพลังงานต่อสัปดาห์ที่ได้ทำ หลายแนวทาง ดังนี้

METs_min / week (all) = ผลบวก {MET ของกิจกรรมที่ทำ x เวลามาตรฐาน x จำนวนวันที่ทำ}

METs_min / week (w/o inactivity) = ผลบวก {MET ของกิจกรรมที่ทำ (ไม่นับ inactivity) x เวลามาตรฐาน x จำนวนวันที่ทำ}

METs / week (all) = ผลบวก {MET ของกิจกรรมที่ทำ x จำนวนวันที่ทำ}

METs / week (w/o inactivity) = ผลบวก {MET ของกิจกรรมที่ทำ (ไม่นับ inactivity) x จำนวน วันที่ทำ}

(Inactivity หมายถึง กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวน้อย ได้แก่ การนั่ง ดูทีวี เล่นเกม คอมพิวเตอร์ เล่นหมากกระดาน เป็นต้น)

ตารางที่ 3 Actigraph value and MET/ week for PAQ1 and PAQ2 in elementary children

Sex		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Male	Count / week	79	1534038	5163146	3530727	744932
	Estimated / week	79	2090951	5163146	3551663	716709
	METs / wk (all) PAQ1	79	64	1397	538	286
	METs / wk (all) PAQ2	79	48	1461	488	335
	METs / wk (w/o inactivity) PAQ1	79	46	1387	527	285
	METs / wk (w/o inactivity) PAQ2	79	35	1450	475	334
Female	Count / week	78	1368849	5082186	2741810	737154
	Estimated / week	78	1425879	5082186	2772361	717983
	METs / wk (all) PAQ1	78	159	1279	502	252
	METs / wk (all) PAQ2	78	98	1394	468	263
	METs / wk (w/o inactivity) PAQ1	78	149	1268	491	251
	METs / wk (w/o inactivity) PAQ2	78	88	1379	456	262

Estimated / wk การปรับค่า count / wk ที่ไม่มีข้อมูล จากพื้นฐานเฉลี่ยค่าจริงของคนๆนั้น แล้วนำมา รวมกันเพื่อให้ใกล้เคียงกับค่าที่ควรจะเป็น

ตารางที่ 4 Actigraph value and MET/ week for PAQ1 and PAQ2 in secondary children

Sex		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Male	Count / wk	60	1425890	5664187	2959997	937300
	Estimated count / week	60	1461148	5664187	2996699	913070
	METs/wk (all) PAQ1	56	15.4	426	155	81
	METs/ wk (all) PAQ2	36	66.9	318.8	158	62
	METs_min/wk(all)PAQ1*	56	924	103105	15524	17109
	METs_min/wk(all)PAQ2*	36	1724	53248	12593	10685
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ1	56	12.4	415.5	147	81
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ2	36	56.4	308.3	149	62
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ1*	56	744	102835	13584	17065
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ2*	36	1409	49783	10555	10629
Female	Count / week	115	1007938	3953113	2114083	606440
	Estimated count / week	115	1007938	4011058	2140129	625831
	METs_min/wk (all) PAQ1	110	19.3	338.2	140	73
	METs_min/wk (all) PAQ2	96	10.5	368.7	136	82
	METs_min/wk (all)PAQ1*	110	799	42500	10690	8236
	METs_min/wk (all)PAQ2*	96	821.5	37395	9086	7135
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ1	110	17.8	327.7	130	72
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ2	94	19.1	358.2	129	81
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ1*	110	619	37460	8412	7558
	METs_min/wk (w/o inactivity) PAQ2*	94	245	33300	6646	6335

* Distribution is not normal

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำไปวิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS version 13.0 ตารางที่ 3 และ 4 แสดงค่าระดับการเคลื่อนไหวจาก Actigraph (Count / week และ Estimated count / week) และจากแบบสอบถาม (METs_min/week และ METs/week) พบว่าจากแบบสอบถามชุดเด็กประถมทั้งหมดมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ (normal distribution) ยกเว้นชุดมัธยมซึ่งค่าพลังงานที่ใช้ต่อสัปดาห์ที่เอาเวลามาคำนวณ (METs_min / wk(all) และ METs_min / wk(w/o inactivity) ดังนั้นการใช้สถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่าง count per week ที่ได้จากเครื่อง Actigraph กับ พลังงานทั้งหมดต่อสัปดาห์ที่คำนวณจาก METs / wk (all) และ METs / wk(w/o inactivity) จึงใช้สถิติ Spearman 's Correlations พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน จำเป็นต้องหาวิธีวิเคราะห์ใหม่โดยการตัด

ค่า METs_min ที่ไปของแบบสอบถามชุดมัธยม หลังจากการทดสอบดูการกระจายตัวพบว่าเป็น normal distribution จึงทำการ validate โดยใช้สถิติ Pearson Correlation ทำการวิเคราะห์เป็น 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 วิเคราะห์เฉพาะ Validity ใช้สถิติ Pearson Correlation (r) เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่าง Actigraph (counts/wk) กับ แบบสอบถาม PAQ1 (METs / wk) โดยแบ่งการวิเคราะห์ เป็น 2 ลักษณะ ใช้ข้อมูลเฉพาะกลุ่มสมบูรณ์ และข้อมูลกลุ่มสมบูรณ์ร่วมกับข้อมูลพอใช้ พบว่า ทั้งแบบสอบถามชุดประถมและมัธยมได้ค่า r ประมาณ 0.3 ตามรายละเอียด ตารางที่ 5

วิธีที่ 2 วิเคราะห์ Validity และ Cross validate ใช้สถิติ Pearson Correlation (r) โดยสุ่มแบ่ง ข้อมูลของนักเรียนกลุ่มสมบูรณ์และพอใช้ เป็น 2 ชุด ชุดแรกเพื่อวิเคราะห์ Validity และ ชุดหลังเพื่อวิเคราะห์ Cross validate ก็จะได้ค่า r โดยประมาณ 0.3 ตาม ตารางที่ 6

ตารางที่ 5 Validity of MET/ week from all activity and without inactivity in different groups

PAQ	n	P value	Pearson Correlation
Elementary			
MET / wk (all)	119 (completed data set)	0.000	0.321
MET / wk (w/o inactivity)	119 (completed data set)	0.000	0.322
MET / wk (all)	151 (completed and estimated data set)	0.001	0.257
MET / wk (w/o inactivity)	151 (completed and estimated data set)	0.001	0.258
Secondary			
MET / wk (all)	132 (completed data set)	0.002	0.268
MET / wk (w/o inactivity)	132 (completed data set)	0.002	0.271
MET / wk (all)	166 (completed and estimated data set)	0.000	0.282
MET / wk (w/o inactivity)	166 (completed and estimated data set)	0.000	0.284

ตารางที่ 6 Validity and cross validity in elementary and secondary PAQ

PAQ	n	P value	Pearson Correlation
<u>Elementary</u>			
MET / wk (all)	100 (validity)	0.009	0.260
MET / wk (w/o inactivity)	100 (validity)	0.009	0.262
MET / wk (all)	51 (cross validate)	0.018	0.329
MET / wk (w/o inactivity)	51 (cross validate)	0.018	0.329
<u>Secondary</u>			
MET / wk (all)	109 (validity)	0.006	0.260
MET / wk (w/o inactivity)	109 (validity)	0.006	0.260
MET / wk (all)	57 (cross validate)	0.013	0.325
MET / wk (w/o inactivity)	57 (cross validate)	0.012	0.331

การทำ Reliability ของข้อมูลแบบสอบถาม ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ซึ่งห่างกัน 1-3 วัน เพื่อวัดความเชื่อถือได้ โดยใช้สถิติ Intraclass correlation เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ว่ามีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ เมื่อค่าสหสัมพันธ์ (Intraclass correlation) เข้าใกล้ 1 แสดงว่าแบบสอบถามนั้นมีความเชื่อถือได้ จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่าของสหสัมพันธ์ในช่วง 0.7 – 0.8 ทั้งแบบสอบถามชุดประถม และชุดมัธยม

ตารางที่ 7 Reliability for PAQ1 and PAQ2

PAQ	n	Intraclass	95% Confidence Interval	
		Correlation*	Lo Bound	Up Bound
<u>Elementary</u> (MET / wk) all	201	0.792	0.734	0.838
male	103	0.762	0.667	0.822
female	97	0.838	0.767	0.889
MET / wk w/o inactivity	200	0.794	0.736	0.840
male	103	0.764	0.670	0.834
female	91	0.839	0.769	0.890
<u>Secondary</u> (MET / wk) all	158	0.715	0.629	0.783
male	52	0.807	0.686	0.884
female	106	0.663	0.542	0.758
MET / wk w/o inactivity	156	0.738	0.653	0.799
male	52	0.806	0.684	0.884
female	104	0.691	0.575	0.779

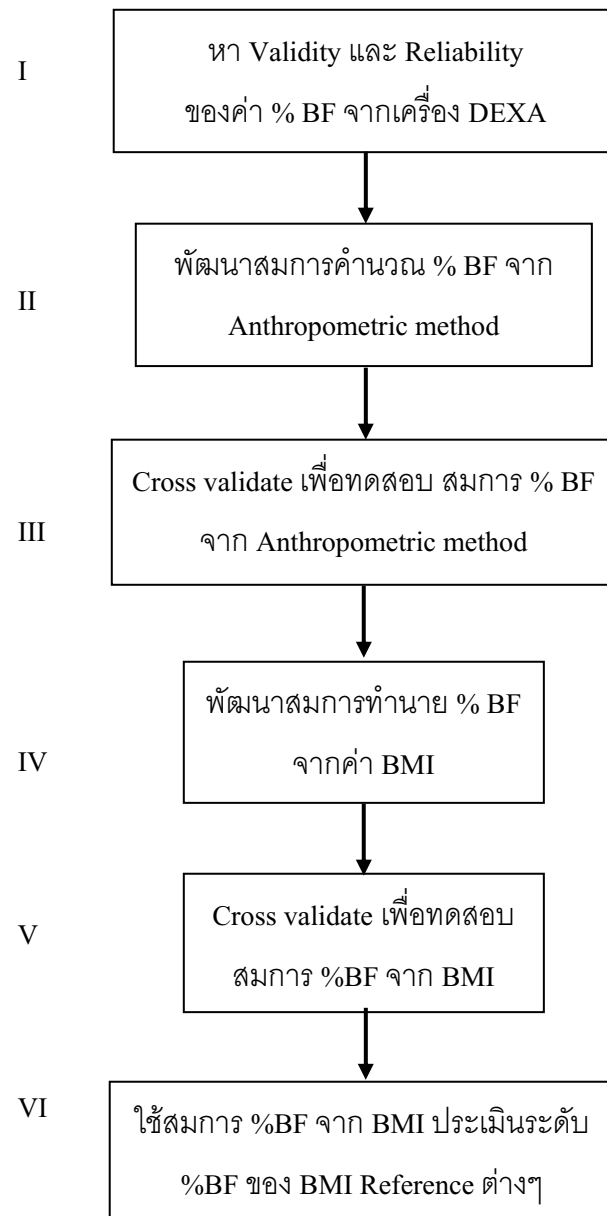
* p value <0.001

3.2.1.5 สรุปการหาค่าความเชื่อถือได้และแม่นยำของแบบสอบถาม

เมื่อทดสอบโดยให้เด็กชายหญิง 10 – 18 ปี จำนวน 566 คน ติดเครื่อง Actigraph 7 วัน แล้วให้ตอบแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาความสัมพันธ์ของการอ่านค่า Actigraph (count / wk) และค่า METs/wk พบว่า แบบสอบถามทั้งชุดประถมและชุดมัธยม มีค่าสหสัมพันธ์ที่ 0.3 ซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ และการวัด Reliability ของแบบสอบถามที่ห่างกัน 1 – 3 วันได้ค่า intraclass correlation 0.7 – 0.8 แบบสอบถามทั้ง 2 ชุด สามารถนำไปใช้ประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายของเด็กไทยได้อย่างเชื่อถือได้และแม่นยำ

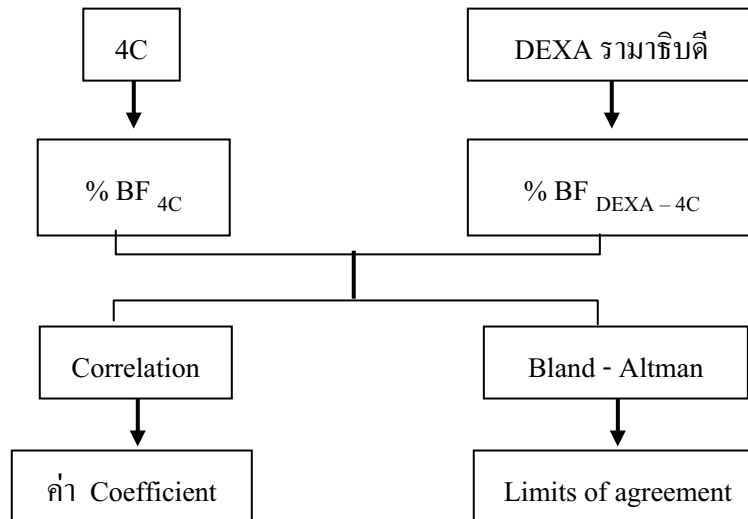
3.3 การพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันที่มีความเชื่อถือได้ และแม่นยำของเด็กไทย

3.3.1 กรอบแนวคิดการศึกษา

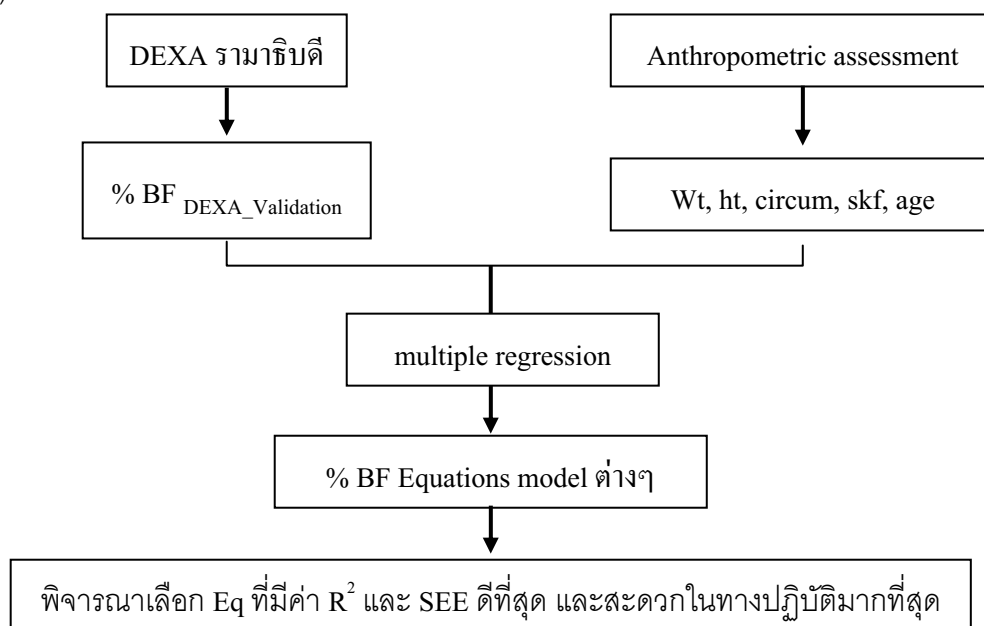


3.3.2 ขั้นตอนการศึกษา

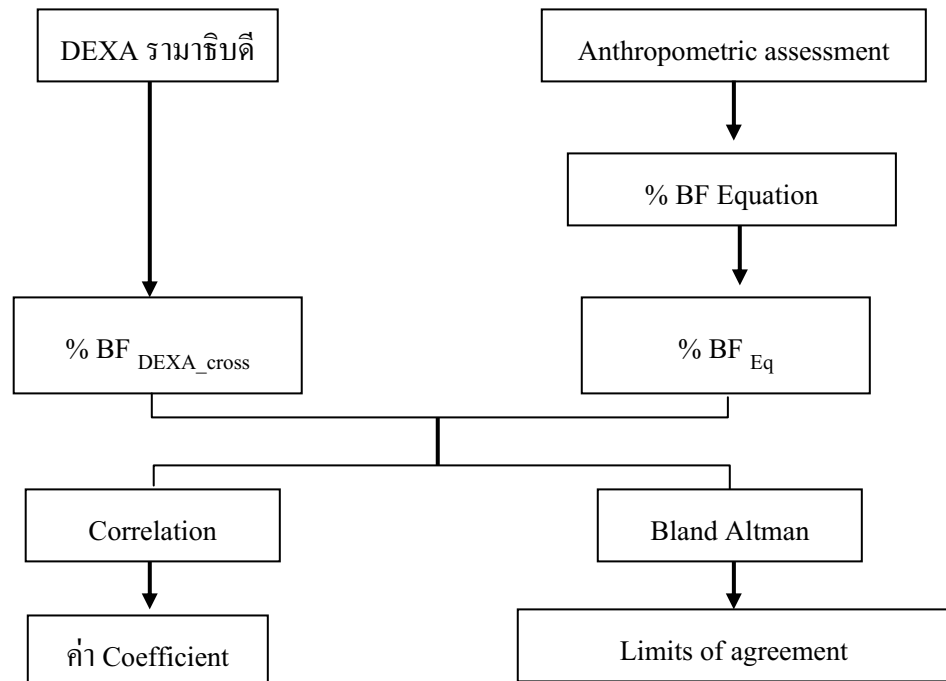
I. การหา Validity และ Reliability ของค่า % BF จากเครื่อง DEXA ของ โรงพยาบาลรามาริบดี ด้วย กลุ่มอายุ 16 – 18 ปี (4C) ทั้ง 2 เพศ (Sample design 50 คน, Sample collection 55 คน)



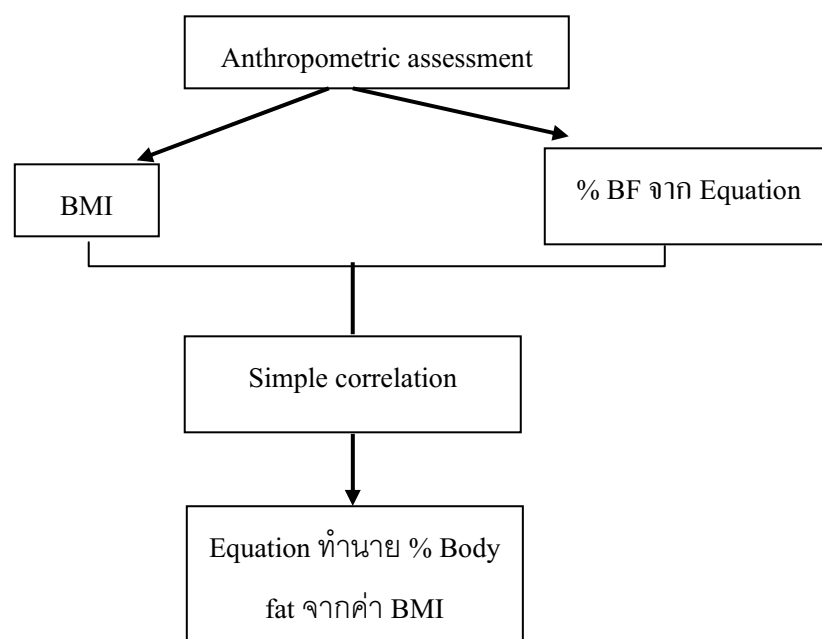
II. การพัฒนาสมการคำนวณ % BF จาก Anthropometric method (การชั่ง – วัดสัดส่วนต่างๆ ของร่างกาย) ของกลุ่มอายุ 10 – 18 ปี ทั้ง 2 เพศ (Sample design 380 คน, Sample collection 380 คน)



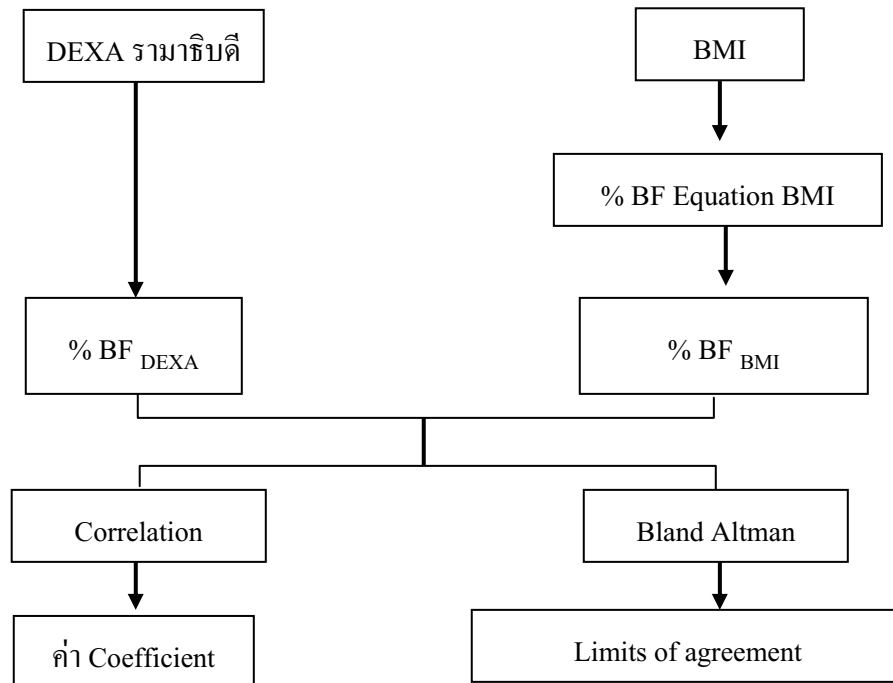
III. การทดสอบ %BF Equation ที่พัฒนาขึ้นด้วยกลุ่มอายุ 10 – 18 ปี (cross validation) ทั้ง 2 เพศ
(Sample design 120 คน, Sample collection 129 คน)



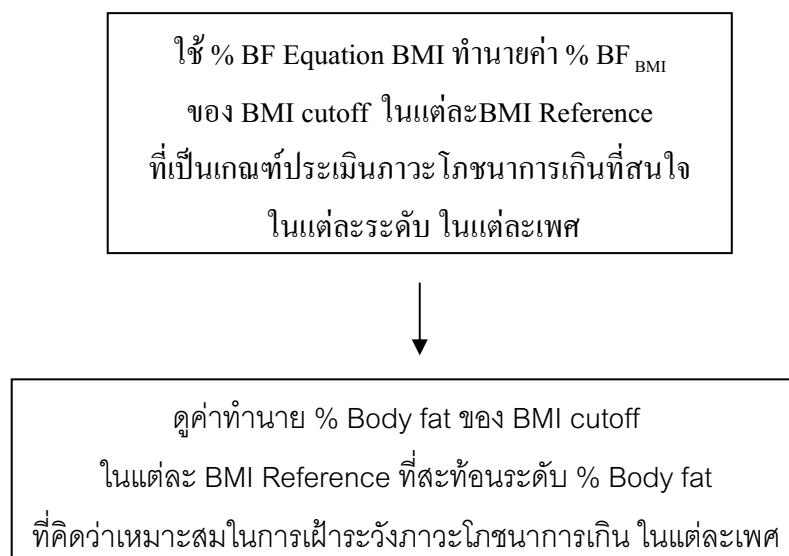
IV. การพัฒนาสมการทำนาย % Body fat จากค่า BMI ของกลุ่มอายุ 10 – 18 ปี ทั้ง 2 เพศ
(Sample design 1980 คน, Sample collection 1,967 คน)



V. การทดสอบ % BF Equation สำหรับทำนาย % Body fat จาก BMI ด้วยกลุ่มอายุ 10 – 18 ปี (cross validation) ของกลุ่มตัวอย่างที่มีการประเมิน % BF จากเครื่อง DEXA รามาธิบดี ทั้ง 2 เพศ (Sample design 500 คน, Sample collection 509 คน)



VI. ใช้สมการ %BF จาก BMI ประเมินระดับ %BF ของ BMI Reference ต่างๆ เพื่อการพิจารณาเลือก cutoff ของ BMI ที่เหมาะสมสำหรับการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกินในเด็กไทย



3.3.3 การประเมินไขมันร่างกายโดยใช้ 4 Compartment model

3.3.3.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา

ติดต่อโรงเรียนที่สะดวกในการเก็บข้อมูล 3 โรงเรียน (ร.ร.มหิดลวิทยานุสรณ์, ร.ร.กาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม และ ร.ร.รัตนโกสินทร์สมโภช บวรนิเวศน์ ศาลายา) ซึ่งแจ้งคณะครู ผู้ปกครอง และนักเรียนโดยให้นักเรียนสมัครใจเข้าร่วมโครงการเอง จากเป้าหมายเพศละ 25 คน ได้อาสาสมัคร อายุ 16-19 ปี ชาย 29 คน และหญิง 27 คน รวมเป็น 56 คน โดยมีภาวะโภชนาการอยู่ในช่วง ± 1 SD โดยใช้การเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของการเจริญเติบโตของเด็กไทย อายุ 1-19 ปี ของกระทรวงสาธารณสุข⁽⁹⁾

3.3.3.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา

การประเมินไขมันโดยวิธี 4 compartment model มี assumption คือ ร่างกายประกอบด้วย 4 ส่วน คือส่วนที่เป็นไขมัน และส่วนที่ไม่ใช่ไขมัน ซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำในร่างกาย(TBW) bone mineral content (BMC) และปริมาณกล้ามเนื้อ การหาปริมาณน้ำในร่างกายใช้วิธี Isotope Dilution technique โดยใช้ Deuterium (D_2O) และการหาปริมาณกระดูกใช้วิธี Dual Energy X-ray absorptiometry (DEXA) และหาความหนาแน่นของร่างกาย (body density, Db) โดยใช้วิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (Underwater weighing, UWW) ซึ่งอาสาสมัครได้ทำการทดสอบทั้ง 3 วิธี ในวันเดียวกันดังนี้

- 1 วันก่อนการเก็บข้อมูล ขอความร่วมมือให้อาสาสมัครงดการออกกำลังกาย และงดอาหารและเครื่องดื่มหลัง 22:00 น.จนถึงเช้าวันเก็บข้อมูล
- 6:45 น. รับอาสาสมัครที่โรงเรียน
- 7:00 น. ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
- 7:10 น. วัดปริมาณน้ำในร่างกาย โดยเก็บน้ำลายครั้งที่ 1 โดยให้อาสาสมัครบ้วนใส่ขวดพลาสติก ปริมาณ 2 มล. หลังจากนั้นให้ดื่ม Deuterium Oxide ปริมาณ 0.15 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แล้วให้อาสาสมัครนั่งพักนาน 2:30 ชม. (ขณะพักให้งดอาหาร เครื่องดื่ม และการออกกำลังกาย สามารถทำกิจกรรมเบาๆ เช่น เล่นคอมพิวเตอร์ ดูซีรีส์ อ่านหนังสือได้)
- 7:30 น. วัดปริมาณไขมันด้วยเครื่อง Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) โดยใช้ OMRON HB-3000 วัดไขมันใต้ผิวหนังด้วยเครื่อง Skinfold Caliper และเส้นรอบวงด้วยการใช้ measuring tape คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายจากไขมันใต้ผิวหนังด้วยสมการของ Durnin⁽⁴¹⁾

- 9:40 น. เก็บน้ำลายครั้งที่ 2 แล้วนำน้ำลายที่เก็บทั้ง 2 ครั้ง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -80 องศา เพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในร่างกายต่อไป
- 10:00 น. ให้รับประทานอาหารเช้า
- 12:00 น. วัดความหนาแน่นกระดูกด้วยเครื่อง DEXA โดยการเปลี่ยนชุดโรงพยาบาล ถอดเครื่องประดับทุกชนิด นอนบนเครื่องสแกน นานประมาณ 15 นาที
- 14:30 น. วัดปริมาณไขมันด้วยการชั่งน้ำหนักได้น้ำที่สถาบันวิจัยโภชนาการโดยให้ใส่ชุดว่ายน้ำ ชั่งน้ำหนัก อาบน้ำ สระผม แล้วให้นั่งบนเก้าอี้ที่แขวนอยู่ในแทงค์น้ำใบใหญ่ซึ่งต่อกับเครื่องชั่งน้ำหนักที่อ่านค่าโดยใช้คอมพิวเตอร์ ความลึกของน้ำอยู่ระดับอก ให้อาสาสมัครหายใจออกให้หมด กลั้นหายใจ ก้มศีรษะให้ทุกส่วนของร่างกายจมน้ำได้ น้ำใช้เวลา 7-10 วินาทีในการชั่ง 1 ครั้ง ทำซ้ำ 8-10 ครั้ง นำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักได้น้ำในการชั่งแต่ละครั้งที่สูงสุด 3 ค่า มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นน้ำหนักได้น้ำที่แท้จริง นำไปคำนวณหาความหนาแน่นร่างกาย การหาค่า Residual lung volume เป็นการประมาณค่าโดยใช้สมการของ Goldman and Becklake⁽⁴²⁾ ซึ่งประมาณค่าจากความสูงของอาสาสมัคร ดังนี้

$$\text{Male RV} = 0.017 (\text{age in years}) + 0.06858 (\text{stature in inches}) - 3.477$$

$$\text{Female RV} = 0.009 (\text{age in years}) + 0.08128 (\text{stature in inches}) - 3.9$$

นำค่า RV ที่ได้แทนค่าในสมการเพื่อหาความหนาแน่นของร่างกาย

$$\text{Body density} = \frac{\text{Weight in air (W}_a\text{)}}{\frac{\text{Weight in air (W}_a\text{)} - \text{weight in water (W}_w\text{)} - (\text{RV} + 100)}{\text{Density of water}}}$$

โดยที่ W_a คือ น้ำหนักในอากาศ

W_w คือ น้ำหนักได้น้ำ

RV คือ Residual lung volume

Density of water คือ ความหนาแน่นของน้ำซึ่งได้จากเปิดตาราง (ภาคผนวก 2)

100 คือ ค่าของอากาศใน GI tract โดยประมาณ มีหน่วยเป็น มิลลิลิตร⁽⁴³⁾

จากนั้นนำค่าความหนาแน่นร่างกายที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายโดยใช้สมการของ Siri⁽⁴⁴⁾

$$\% \text{ Body fat} = (4.95 / \text{Db} - 4.50) * 100$$

ส่วนการคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายจากวิธี D₂O ซึ่งเป็น 2 compartment model คือร่างกายแบ่งออกเป็น 2 ส่วน (FM และ FFM) โดยมี assumption ว่าปริมาณน้ำใน FFM จะมีค่าประมาณ 73.2% ซึ่งสามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายตามสูตรดังนี้

$$\text{Body Mass} = \text{FM} + \text{FFM}$$

$$\text{FFM (kg)} = \text{TBW} / 0.732$$

$$\% \text{BF} = \{[\text{BM} - (\text{TBW} / 0.732)] / \text{BM}\} * 100$$

และการคำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายจากวิธี DEXA ซึ่งเป็น 3 compartment model โดยแบ่งร่างกายออกเป็น 3 ส่วน คือ Fat mass + Lean soft tissue mass (LM) + Bone mineral content (BMC) โดยอาศัยหลักการผ่านรังสีเอกซ์ 2 ระดับ (40 kV และ 70 kV) และดูอัตราส่วนในการทะลุผ่านของรังสีเอกซ์ของทั้ง 2 ระดับ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่น และสารเคมีในส่วนประกอบต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งสามารถคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายตามสมการ ดังนี้

$$\% \text{BF} = \{\text{FM} / [\text{FM} + \text{LM} + \text{BMC}]\} * 100$$

- เมื่อได้ข้อมูลปริมาณน้ำในร่างกาย (Total body water, TBW) จากการวิธี Deuterium dilution technique ปริมาณมวลกระดูก (Bone mineral content, BMC) จากวิธี DEXA และปริมาณความหนาแน่นร่างกาย (body density, Db) จากวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำแล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายโดยใช้สมการ 4 Compartment model ของ Baumgartner⁽⁴⁵⁾

$$\% \text{BF}_{4C} = 205 * (1.34 / \text{Db} - 0.35 * (\text{TBW} / \text{BW}) + 0.56 * (\text{BMC} / \text{BW}) - 1)$$

การชั่งน้ำหนักได้น้ำ เป็นวิธีการที่สามารถทำให้เกิดการข้อผิดพลาด (Error) ได้ทุกขั้นตอนทั้งทางด้านเครื่องมือ เทคนิคของผู้ทดสอบ และความร่วมมือของผู้ถูกทดสอบ ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลที่ได้

มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงมีการทดสอบความถูกต้องและเที่ยงตรงของเครื่องมือ (reliability and accuracy) โดยการชั่งน้ำหนักเหล็กที่มีน้ำหนัก 1, 2, 3, 4 และ 5 กิโลกรัม แต่ละอันอย่างละจำนวน 10 ครั้ง จากนั้นคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการอ่านค่า และหาค่า coefficient of variation (CV) ของเครื่องชั่ง ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ภาคผนวก ง) และทำการทดสอบการชั่งน้ำหนักได้น้ำของเพศชายจำนวน 8 คน ซึ่งได้ค่า CV ไม่ถึง 5 % ดังแสดงใน (ภาคผนวก ข)

3.3.3.3 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายที่ได้จากการวัดโดยวิธีต่างๆ (UWW, DEXA, D_2O และ 4C) ได้แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 11.5 (SPSS, Chicago, IL, USA) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากวิธีต่างๆ กับวิธี 4 Compartment model โดยใช้ pair t-test วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการวัดแต่ละวิธี กับวิธี 4 Compartment model โดยใช้ Pearson's correlation และ ใช้วิธี Bland & Altman เพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และการจำกัดความสอดคล้องที่ (Limit of agreement) และ กำหนดค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ 0.05 ($p<0.05$)

3.3.3.4 ผลการศึกษา

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้มีทั้งหมด 56 คน เป็นชาย 29 คน และหญิง 27 คน มีอายุระหว่าง 16-19 ปี ในการนี้มี ชาย 1 คน ที่ไม่สามารถทดสอบวิธีชั่งน้ำหนักได้น้ำได้ ทำให้ข้อมูลที่น่าสนใจวิเคราะห์เหลือ 55 คน เป็นชาย 28 คน และหญิง 27 คน ซึ่งค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัครแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 Characteristics of subjects

	Male (n=28)		Female (n=27)	
	Mean $\pm$ SD	Range	Mean $\pm$ SD	Range
Age (yr)	17.6 $\pm$ 0.9	15.8 – 19.0	17.0 $\pm$ 0.9	15.4 - 19.7
Height (cm)	171.0 $\pm$ 6.2	159.5 - 183.3	159.7 $\pm$ 4.0	152.0 - 166.2
Weight (kg)	57.2 $\pm$ 6.8	44.3 - 69.0	49.8 $\pm$ 4.7	39.5 - 61.5
Density (g/cm ³)	1.073 $\pm$ 0.012	1.051 - 1.092	1.052 $\pm$ 0.007	1.036 - 1.065
TBW (kg)	35.6 $\pm$ 4.1	27.2 - 42.8	27.4 $\pm$ 2.2	21.9 - 31.7
BMC (kg)	2.54 $\pm$ 0.45	1.42 - 3.23	2.14 $\pm$ 0.27	1.56 - 2.85

ตารางที่ 9 %Body fat assessed by different methods

Subject	%BF _{4C} (Mean $\pm$ SD)	%BF _{UWW} (Mean $\pm$ SD)	%BF _{DEXA} (Mean $\pm$ SD)	%BF _{D2O} (Mean $\pm$ SD)
Male (n=28)	11.44 $\pm$ 3.10	11.70 $\pm$ 4.99	11.86 $\pm$ 5.60	14.78 $\pm$ 2.39*
Female (n=27)	21.64 $\pm$ 3.24	20.96 $\pm$ 3.21	28.70 $\pm$ 3.00*	24.54 $\pm$ 2.10*

* significantly different from 4C model value at p<0.05

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกายจากวิธี UWW ทั้งอาสาสมัครชายและหญิง ไม่มีความแตกต่างจากเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากวิธี 4C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05 เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากวิธี DEXA ในอาสาสมัครชายไม่มีความแตกต่างจากวิธี 4C ส่วนข้อมูลอาสาสมัครหญิงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากวิธี D₂O มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากวิธี 4C ทั้งอาสาสมัครชายและหญิง

ตารางที่ 10 แสดงถึงความแตกต่างว่าการประเมินค่าไขมันโดยใช้วิธีต่างๆเมื่อเทียบกับค่า 4C พบว่าการใช้วิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ และ DEXA ใช้ได้ดีในอาสาสมัครชาย โดยค่าเฉลี่ยที่ได้ของกลุ่มจะต่ำกว่าการอ่านค่าจาก 4C ด้วยค่า $-0.25 \pm 2.44\%$ และ $-0.41 \pm 3.81\%$ ตามลำดับ และในอาสาสมัครหญิง การชั่งน้ำหนักได้น้ำจะมีค่าที่ใกล้เคียงกับ 4C ที่ $0.68 \pm 1.74\%$ ส่วนค่าของ DEXA ต่างจาก 4C ถึง $-7.06 \pm 2.69\%$ ส่วนการประเมินค่าไขมันโดยใช้ D_2O พบความแตกต่างจาก 4C ที่ $-3.34 \pm 2.77\%$ ในอาสาสมัครชาย และ $-2.90 \pm 1.08\%$ ในอาสาสมัครหญิง

ตารางที่ 10 Differences between percent body fat from 4-compartment model and percent body fat from single method

	Male (n=28)		Female (n=27)	
	Mean	SD	Mean	SD
4-compartment model minus:				
UWW	-0.25	2.44	0.68	1.74
DEXA	-0.41	3.81	-7.06*	2.69
D_2O	-3.34*	2.77	-2.90*	1.58

UWW, underwater weighing; DEXA, dual energy X-ray absorptiometry; D_2O , deuterium method

*: significantly different from 4-compartment model value at $p < 0.05$

ตารางที่ 11 เป็นการบอกถึงค่า R^2 และ SEE ที่บอกถึงความสัมพันธ์กับค่า 4C ซึ่งดีในการชั่งน้ำหนักได้น้ำ และลดลงในการวัดจาก DEXA และ D_2O ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า SEE อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก โดยใช้ตารางการยอมรับค่า SEE มาตรฐาน ตามตารางที่ 12

ตารางที่ 11 Summary of regression of percent body fat by the 4-compartment model against other single method

Single method	R ²	Intercept (%)	Slope	SEE (%)
UWW				
Male	0.85	4.74 ± 0.60*	0.57 ± 0.05*	1.22
Female	0.73	9.18 ± 1.52*	0.59 ± 0.07*	1.18
DEXA				
Male	0.58	6.44 ± 0.92*	0.42 ± 0.07*	2.05
Female	0.59	9.32 ± 2.07*	0.43 ± 0.07*	1.46
D ₂ O				
Male	0.27	1.54 ± 3.27*	0.67 ± 0.22*	2.71
Female	0.54	2.39 ± 3.55*	0.79 ± 0.14*	1.54

UWW, underwater weighing technique; DEXA, dual energy X-ray absorptiometry technique; D₂O, deuterium technique.

*: Intercept significantly different from zero, or slope significantly different from 1.0; R², coefficient of determination; SEE, standard error of estimate.

ตารางที่ 12 Standards for evaluating prediction errors⁽³⁰⁾

%BF (SEE or TE)	Db (g/cc) (SEE or TE)	FFM (kg) (SEE or TE)		Subjective rating
Males and females	Males and females	Males	Females	
2.0	0.0045	2.0-2.5	1.5-1.8	Ideal
2.5	0.0055	2.5	1.8	Excellent
3.0	0.0070	3.0	2.3	Very good
3.5	0.0080	3.5	2.8	Good
4.0	0.0090	4.0	3.2	Fairly good
4.5	0.0100	4.5	3.6	Fair
5.0	0.0110	>4.5	>4.0	Poor

SEE = standard error of estimate; TE = total error or pure error.

และเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างวิธี 4C กับวิธีต่างๆ จะเห็นว่า วิธี UWW มีความสัมพันธ์ที่สูงทั้งอาสาสมัครชายและหญิง ($R^2 = 0.87-0.92$) ส่วนวิธี DEXA จะอยู่ระดับที่ต่ำกว่าเล็กน้อย ($R^2 = 0.76-0.77$) และความสัมพันธ์ลดลงเมื่อใช้วิธี D_2O ($R^2 = 0.52-0.74$) ดังแสดงในตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 13 Correlation coefficient between percent body fat from 4-compartment model and single methods in male

	%BF _{4C}	%BF _{UWW}	%BF _{DEXA}	%BF _{D2O}
%BF _{4C}	-			
%BF _{UWW}	0.92	-		
%BF _{DEXA}	0.76	0.76	-	
%BF _{D2O}	0.52	0.19	0.29	-

ตารางที่ 14 Correlation coefficients between percent body fat from 4-compartment model and single methods in female

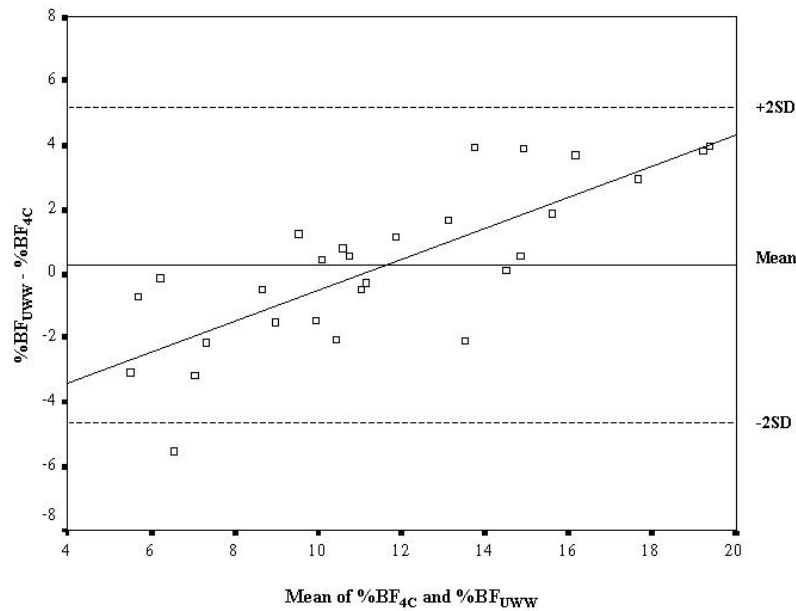
	%BF _{4C}	%BF _{UWW}	%BF _{DEXA}	%BF _{D2O}
%BF _{4C}	-			
%BF _{UWW}	0.87	-		
%BF _{DEXA}	0.77	0.61	-	
%BF _{D2O}	0.74	0.31	0.59	-

%BF_{4C}, percentage body fat from 4-compartment model; %BF_{UWW}, percentage body fat by underwater weighing; %BF_{DEXA}, percentage body fat by dual energy X-ray absorptiometry; %BF_{D2O}, percentage body fat by deuterium method

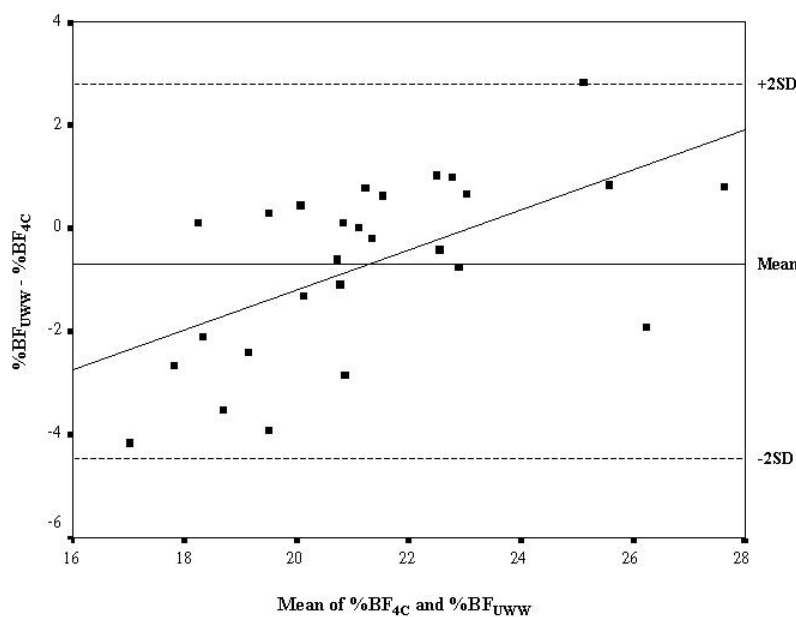
Bland & Altman analysis เป็นเทคนิคที่นำมาใช้วิเคราะห์เพื่อบอกถึงความสอดคล้องและช่วงความเชื่อมั่น ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ประเมินจากวิธี 4C กับวิธีอื่น (การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ, DEXA และ D_2O) โดย plot กราฟระหว่างค่าเฉลี่ยความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ไขมันของวิธีการนั้นๆ กับ 4C กับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันของวิธีการนั้นๆ กับ 4C โดยจำกัดความสอดคล้อง (limit of agreement) ที่ค่าเฉลี่ยของความต่าง $\pm 2SD$

รูปที่ 6 – 7 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดได้ระหว่าง วิธี 4C กับวิธีการชั่งน้ำหนักใต้น้ำของชายและหญิงตามลำดับ โดย ค่าเฉลี่ยความต่าง +2SD เท่ากับ 5.13% และ -2SD เท่ากับ -4.63% ในเพศชาย และในเพศหญิงเท่ากับ 2.80% และ -4.48% และค่าเฉลี่ยความต่างของเพศชายเท่ากับ 0.25% เท่ากับ -0.68% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากรูปที่ 6 - 7 จะแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ไขมันของทั้งชายและหญิง การประเมินจากวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำจะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงในผู้ที่มีรูปร่างผอม และจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงในผู้ที่มีรูปร่างอ้วน

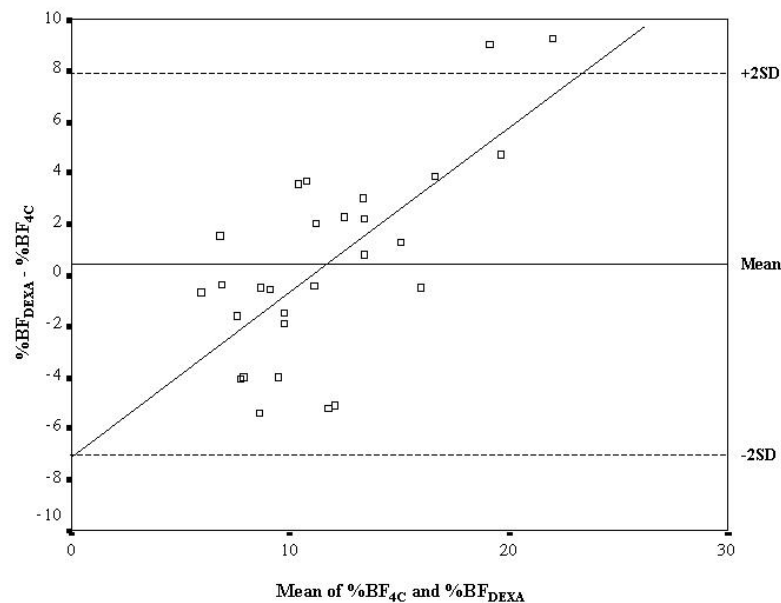


รูปที่ 6 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the underwater weighing ($\%BF_{UWW}$) in male

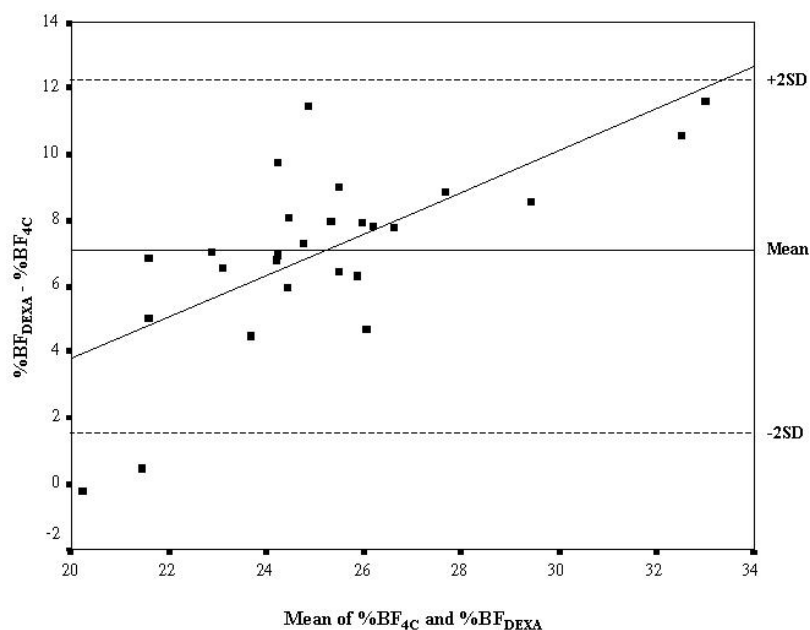


รูปที่ 7 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the underwater weighing ($\%BF_{UWW}$) in female

รูปที่ 8 - 9 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดได้ระหว่างวิธี 4C กับวิธี DEXA ของชายและหญิงตามลำดับ โดย ค่าเฉลี่ยความต่าง+2SD เท่ากับ 8.03% และ -2SD เท่ากับ -7.21% ในชาย และเท่ากับ 12.44% และ 1.68% ในหญิง และค่าเฉลี่ยความต่างของชายเท่ากับ 0.41% ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่หญิงเท่ากับ 7.06% ซึ่งมีความแตกต่างกันที่ $p<0.05$

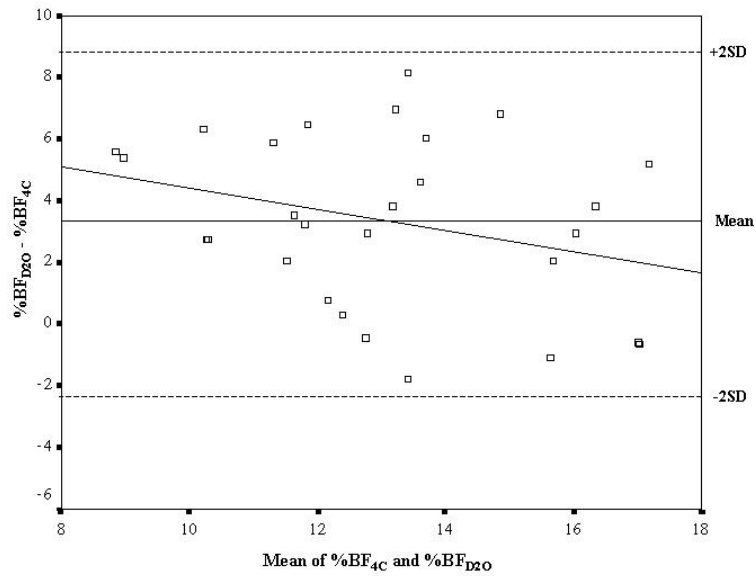


รูปที่ 8 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the dual energy X-ray absorptiometry ($\%BF_{DEXA}$) in male

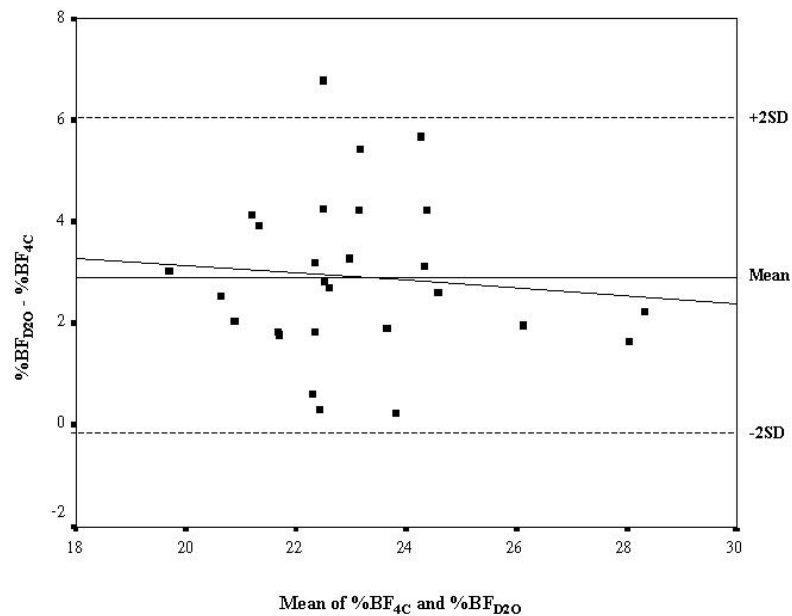


รูปที่ 9 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the dual energy X-ray absorptiometry ($\%BF_{DEXA}$) in female

รูปที่ 10 – 11 แสดงถึงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดได้ระหว่างวิธี 4C กับวิธี D_2O ของชายและหญิงตามลำดับ โดย ค่าเฉลี่ยความต่าง+2SD เท่ากับ 8.88% และ -2SD เท่ากับ -2.20% ในชาย และเท่ากับ 6.06% และ -0.26% ในหญิง ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยความต่างของชาย เท่ากับ 3.34% และหญิงเท่ากับ 2.90% ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งชายและหญิงให้ค่าความแตกต่างของการอ่านเปอร์เซ็นต์ไขมันจาก 4C และ D_2O มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 10 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the deuterium method ($\%BF_{D2O}$) in male



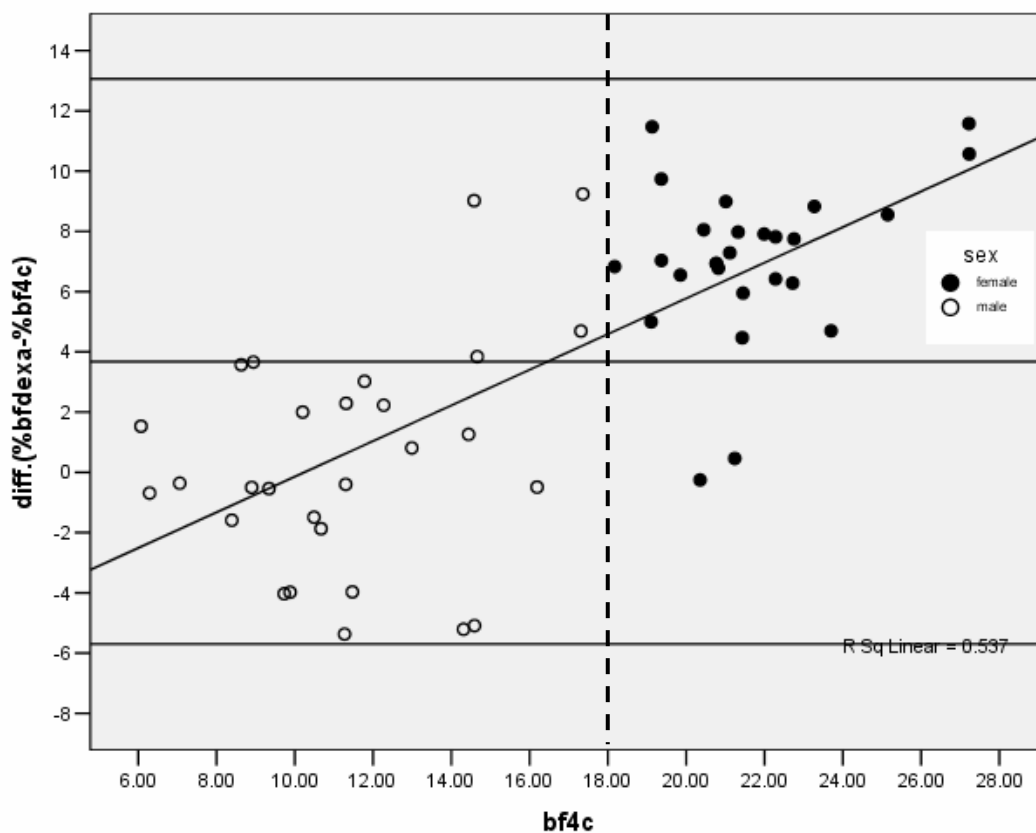
รูปที่ 11 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and percentage body fat calculated with the deuterium method ($\%BF_{D2O}$) in female

จากรูปที่ 6 - 11 แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครที่มีรูปร่างอ้วน เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ประเมินจากวิธีการชั่งน้ำหนักได้น้ำ และ DEXA เปอร์เซ็นต์ไขมันของทั้งในเพศชายและหญิงมีแนวโน้มว่าจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริงเมื่อวัด ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากวิธี D_2O ทั้งเพศชายและหญิงมีแนวโน้มว่ามีค่าต่ำกว่าความเป็นจริง

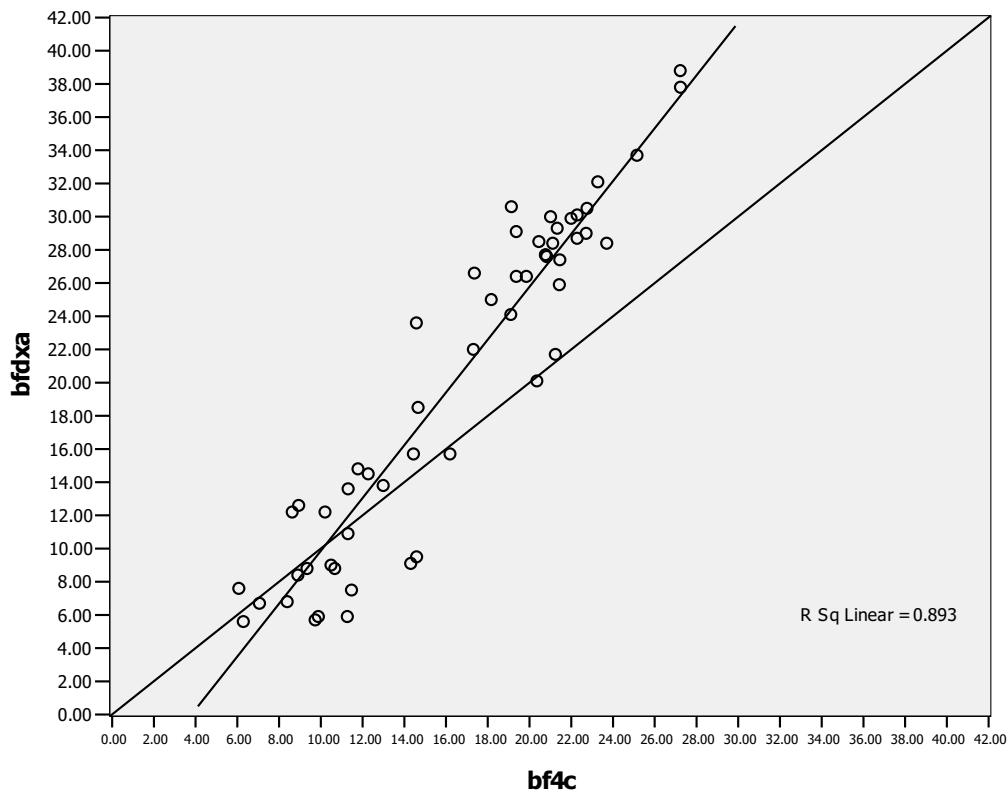
จากการที่ DEXA เป็นวิธีที่นิยมใช้ประเมินไขมันร่างกาย จึงจำเป็นต้องมีการปรับค่าที่ได้จากการอ่าน DEXA โดยใช้วิธีการ 4C เป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 12 แสดงถึง Bland-Altman plot ของทั้งเพศชายและหญิง จากสมมุติฐานดังกล่าว เมื่อนำมาทดสอบในรูปเดียวกัน โดยข้อมูล % ไขมันคนปกติเพศชาย อยู่ไม่เกินค่า 18 และเกิน 18 ในเพศหญิง จะเห็นว่ามีรูปแบบระดับการคลาดเคลื่อนที่อาจจะสัมพันธ์กับระดับไขมัน ซึ่งไม่ได้เจาะจงมีความคลาดเคลื่อนเฉพาะในเพศหญิง แต่เพศชายที่มีไขมันสูงก็อาจมีค่าที่คลาดเคลื่อนแบบเดียวกับเพศหญิง เมื่อนำค่าไขมันที่อ่านจากทั้ง DEXA และ 4C มาหาความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูปที่ 13 จะได้ Correlation Equation ดังนี้

$$\% \text{ Body fat } 4C = 5.156 + (0.561 * \%BF \text{ DEXA})$$

โดยมีค่า R Square Linear = 0.89



รูปที่ 12 Bland-Altman plot showing the limits of agreement between percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) and difference of percentage body fat calculated by dual energy X-ray absorptiometry ($\%BF_{DEXA}$) and $\%BF_{4C}$ in both sex



รูปที่ 13 Correlation of percentage body fat calculated with the 4-compartment model ($\%BF_{4C}$) against percentage body fat calculated with the dual energy X-ray absorptiometry ($\%BF_{DEXA}$) in both sex.

3.3.3.5 สรุปการประเมินไขมันในแต่ละวิธีเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธี 4-compartment model (4C)

จากการที่มีการแบ่งร่างกายออกเป็น 4 ส่วน แล้วหาแต่ละส่วนโดยตรง ซึ่งทำให้เกี่ยวข้องกับ assumption น้อยที่สุดนั้น ปรากฏว่า วิธี UWW เหมาะสมสำหรับที่จะนำมาใช้แทนในการประเมินไขมัน ในช่วงอายุ 16-19 ปี ทั้งชายและหญิง ส่วนวิธี DEXA จะใช้ได้เฉพาะเพศชาย ส่วนเพศหญิงพบว่ามี ความแตกต่างกัน ขณะที่ D_2O ยังไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในกลุ่มดังกล่าวทั้งชายและหญิง

ถึงแม้ UWW เป็นวิธีที่ใช้ได้ดีแต่ก็ยุ่งยากในการวัด ขณะที่ DEXA มีการใช้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ดีถึงแม้ค่า DEXA ในผู้หญิงจะอ่านค่าได้ค่อนข้างแตกต่างจาก 4C ซึ่งอาจจะมาจากเครื่อง DEXA ที่มีความจำเพาะ ในการประเมินไขมันแยกเพศหรือไม่ก็ตาม จะเห็นว่าค่าการอ่านไขมัน สามารถปรับจากการอ่าน DEXA โดยอิงค่าจาก 4C ได้โดยใช้สมการ ดังกล่าวแล้วข้างต้น

3.3.4 การพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันด้วย Anthropometric Assessment

3.3.4.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา

ติดต่อโรงเรียนต่างๆในเขตกทม. และปริมณฑล จำนวน 10 โรงเรียน ประกอบไปด้วย โรงเรียนประถม 4 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนคลองทวีวัฒนา โรงเรียนตั้งพิรุฬห์ธรรม โรงเรียนวัดศาลาแดง โรงเรียนคลองบางพรหม โรงเรียนมัธยม 6 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนยอเซฟอุปถัมภ์ โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภช บวรนิเวศน์ ศาลายา โรงเรียนสุวรรณพลับพลา โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และโรงเรียนวัดปุณณวาส โดยสรุปมีเด็กชาย / หญิง อายุ 10 – 18 ปี จำนวน 598 คน

3.3.4.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา

- ทีมงานชี้แจงรายละเอียดของโครงการแก่ผู้บริหารโรงเรียน คณะครู ผู้ปกครองและนักเรียน และได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองที่ยินดีให้บุตรหลานเข้าร่วมกิจกรรมโครงการ โดยส่วนใหญ่ยินยอมให้ร่วมทั้งกิจกรรมประเมินไขมันและระดับการเคลื่อนไหวร่างกาย
- ดำเนินการชั่งน้ำหนัก/วัดส่วนสูง ของเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานการเจริญเติบโตของเด็กไทย⁽⁹⁾ เพื่อทำการคัดเลือกกลุ่มเด็กที่มีภาวะโภชนาการ กระจายที่ $-2SD : \pm 1.5SD : \pm 2SD$ ในอัตราส่วน 2:6:2
- เด็กชายหญิง อายุ 10-18 ปี ได้ถูกเลือกและทยอยนำมาเก็บข้อมูลการวัดไขมันร่างกายด้วยการวัดไขมันใต้ผิวหนัง (SKF) และการวัด Bioelectrical Impedance (Omron HBF-300) และนำไปวัดDEXA ที่ รพ. รามาธิบดี
- เก็บข้อมูลการวัดไขมันใต้ผิวหนัง 5 ตำแหน่ง (biceps, triceps, subscapular, suprailiac และ calf) และเส้นรอบวง 7 ตำแหน่ง (mid upper arm, hip, waist 4 ตำแหน่ง และ calf) ชายหญิง 598 คน

อุปกรณ์และท่าวัดมาตรฐานต่างๆแสดงในภาคผนวก ด,ต,ถ และ ท

3.3.4.3 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

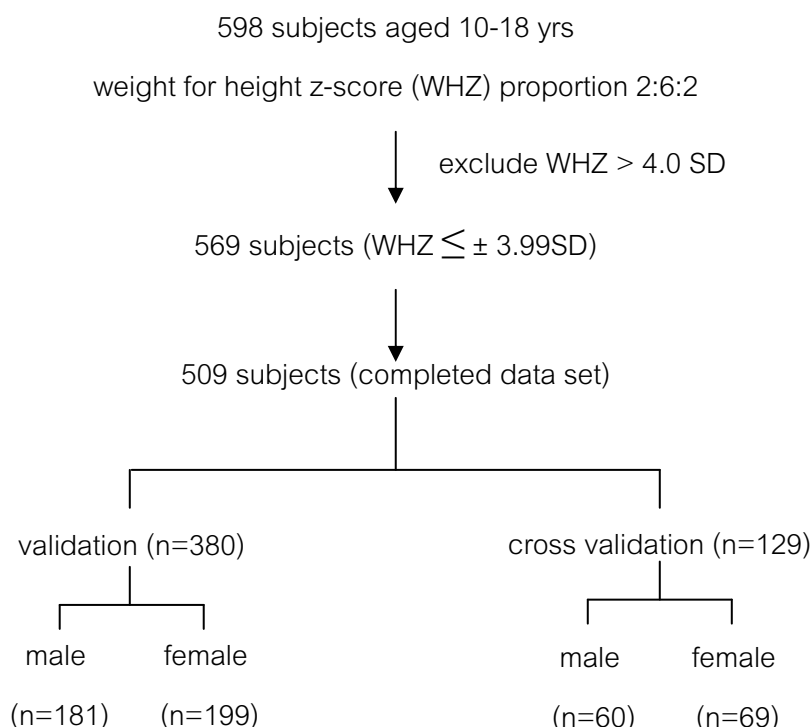
การทำ validation & cross validation ใช้การวิเคราะห์แบบ Multiple Regression วิเคราะห์แยกเพศโดยใช้ตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจาก DEXA (% BF_DEXA) และทดลองใส่ตัวแปรอิสระ (independent variable) ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย (BMI) ไขมันใต้ผิวหนัง และ เส้นรอบวงร่างกาย ทดลองวิเคราะห์ดู Model ในรูปแบบต่างๆ โดยการเลือกตัวแปรอิสระแบบ Stepwise ทำให้ได้สมการทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมันร่างกาย โดยเลือกสมการที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination Adjust:

R^2) และค่าความแปรปรวนจากอิทธิพลอื่นๆ (standard error of estimation: SEE) อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ⁽³⁰⁾ จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้ Bland and Altman analysis เพื่อบอกถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (mean difference) และ ความสอดคล้องที่ยอมรับได้ (limit of agreement)

3.3.4.4 ผลการศึกษา

อาสาสมัครชายหญิง 598 คน นั้นถูกคัดออก 29 คน เนื่องจาก WHZ- score มีค่ามากกว่า 4.0 ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับการพัฒนาสมการเพื่อทำนายไขมันร่างกาย อย่างไรก็ตามจำนวนที่เหลือ 569 คน ก็ยังมีค่า missing value จึงตัดออกอีก เหลือจำนวนที่มีข้อมูลครบ 509 คน (จากที่ตั้งเป้าไว้ 500 คน) และเมื่อสุ่มโดยใช้คอมพิวเตอร์ แยกเพศชาย/หญิง สุ่มประมาณ 75% ของข้อมูลดังกล่าวเพื่อเป็นกลุ่มพัฒนาสมการ (validation group) รวม 380 คน (ชาย 181 คน และหญิง 199 คน) และที่เหลือเป็นกลุ่มทดสอบสมการ (cross validation group) รวม 129 คน เป็นชาย 60 คน และหญิง 69 คน (จากเป้าหมายที่ตั้งไว้ไม่น้อยกว่าเพศละ 60 คน) ดังแสดงในผัง **Profile of the subject**

Profile of the subject



จากตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปร anthropometric กับ ค่าวัดไขมันใต้ผิวหนัง (SKF) และค่าวัดเส้นรอบวง (circumference) โดยแยกเพศของกลุ่ม validate และ cross validate

ตารางที่ 15 Characteristics of validation and cross validation group stratified by sex

	male			female		
	validation		cross validation		validation	
	(n=181)		(n=60)		(n=199)	
age (yr)	13.25	± 2.30	13.80	± 2.37	13.90	± 2.41
weight (kg)	47.39	± 13.30	51.91	± 12.78*	44.74	± 10.62
height (cm)	153.84	± 13.51	159.04	± 13.27*	152.61	± 8.75
BMI (kg/m ²)	19.73	± 3.76	20.28	± 3.47	19.03	± 3.54
SKF (mm)						
biceps	6.45	± 3.50	6.50	± 3.73	7.32	± 3.09
triceps	11.65	± 5.66	11.59	± 5.93	14.13	± 5.04
subscapular	9.48	± 4.25	10.02	± 4.01	10.70	± 4.09
suprailiac oblique	9.15	± 5.14	9.49	± 4.73	10.93	± 4.23
suprailiac straight	14.30	± 8.85	15.34	± 8.88	16.00	± 7.09
calf	10.67	± 5.61	11.41	± 6.14	13.09	± 5.41
circumference (cm)						
mid arm	23.78	± 3.64	24.55	± 3.37	22.70	± 3.32
WC1	69.36	± 10.33	71.85	± 9.90	66.69	± 8.26
WC2	67.46	± 9.33	69.26	± 8.58	63.22	± 7.26
WC3	71.79	± 10.02	74.96	± 9.69*	72.13	± 9.07
WC4	70.21	± 10.62	73.05	± 10.29	68.27	± 8.59
hip	81.43	± 9.70	85.03	± 9.12*	83.09	± 9.06
calf	32.52	± 4.02	33.83	± 3.76*	31.85	± 3.67

WC1: at mid point between lowest rib and the iliac crest

WC2: at the narrowest waist

WC3: at immediately above iliac crest

WC4: at the umbilicus level

* Significant difference between validation and cross validation group p<0.05 (unpaired t-test)

การสร้างสมการเปอร์เซ็นต์ไขมัน(model) โดยวิเคราะห์ multiple regression เฉพาะในกลุ่ม validate กลุ่มผู้ชาย 181 คน และกลุ่มผู้หญิง 199 คน สร้างสมการโดยแยกเพศ จากค่าตัวแปรที่ทำนาย (Dependent) คือค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันของ DEXA และพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปร DEXA โดยรอบแรกได้นำตัวแปรอิสระต่างๆเข้า model เพื่อดูอิทธิพลของแต่ละตัวแปรทั้งหมดโดยใช้ตัวแปร age weight height BMI biceps, triceps, subscapular, suprailiac oblique, calf skf, mid-arm waist, hip และ calf_circumference โดยเลือกวิธีการเข้าตัวแปรอิสระแต่ละตัวแบบ stepwise จะพบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมการทำนายไขมัน (DEXA) ในกลุ่มผู้ชายได้แก่ตัวแปรอิสระ age height mid-arm triceps suprailiac oblique และcalf_skf ได้ค่า $R^2 = 0.909$, SEE= 0.071 ในกลุ่มผู้หญิงได้ตัวแปรอิสระ BMI triceps suprailiac oblique และcalf_skf ได้ค่า $R^2 = 0.879$, SEE= 0.045 และได้มีการลองวิเคราะห์โดยใช้ตัวแปรหลายๆรูปแบบ จนในที่สุดได้พัฒนา model ออกมา 4 equation ดังแสดงใน ตารางที่ 16

ตารางที่ 16 Developed percent body fat (%BF) equations from skinfold measurement compared to percent body fat from DEXA

model	log (%BF from DEXA)	R^2	SEE
male			
equation 1	$1.433 + [1.039 \times \log (4skf)] - [0.746 \times \log (height)] - (0.011 \times age)$	0.907	0.072
equation 2	$-0.114 + [1.143 \times \log (4skf)] - (0.018 \times age) - (0.008 \times BMI)$	0.905	0.072
equation 3	$1.700 + [1.034 \times \log (3skf)] - [0.820 \times \log (height)] - (0.012 \times age)$	0.909	0.071
equation 4	$0.018 + [1.137 \times \log (3skf)] - (0.020 \times age) - (0.008 \times BMI)$	0.907	0.072
female			
equation 1	$0.137 + [0.785 \times \log (4skf)]$	0.871	0.047
equation 2	$0.239 + [0.636 \times \log (4skf)] + (0.007 \times BMI)$	0.879	0.045
equation 3	$0.204 + [0.780 \times \log (3skf)]$	0.869	0.047
equation 4	$0.300 + [0.619 \times \log (3skf)] + (0.008 \times BMI)$	0.878	0.046

4 SKF = biceps + triceps + suprailiac oblique + calf

3 SKF = triceps + suprailiac oblique + calf

equation 1 : ใส่ตัวแปรอิสระ age, weight, height, 4skf

equation 2 : ใส่ตัวแปรอิสระ age, BMI, 4skf

equation 3 : ใส่ตัวแปรอิสระ age, weight, height, 3skf

equation 4 : ใส่ตัวแปรอิสระ age, BMI, 3skf

เมื่อพิจารณาจากทั้ง 4 equation โดย equation 1 และ 3 เป็น equation ที่ใส่ตัวแปร age weight height แตกต่างกันไปใส่ค่าวัด skf แบบวัด 4 ค่า และวัด 3 ค่า ตามลำดับ ส่วน equation 2 และ 4 ใส่ตัวแปร age BMI และใส่ค่าวัด skf 4 ค่าและ 3 ค่าตามลำดับ จะพบว่า equation 1 และ equation 3 ในกลุ่มผู้ชายตัวแปรที่เข้าสมการในการ run model จะเหมือนกันคือค่าวัด skf height และ age ในขณะที่กลุ่มผู้หญิงตัวแปรที่เข้าสมการคือค่า skf เท่านั้น ส่วน equation 2 และ equation 4 ตัวแปรที่เข้าสมการในกลุ่มผู้ชายคือ skf age และ BMI ส่วนกลุ่มผู้หญิงเข้าสมการเฉพาะ skf และ BMI

จากตารางที่ 17 เป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ทำนาย(predict) จากสมการทั้ง 4 จากตารางที่ 16 โดยแยกเพศและแยกกลุ่มเป็น validation และ cross validation groups โดยแสดงค่าเทียบกับค่าของเปอร์เซ็นต์ไขมันจากค่ามาตรฐาน reference คือ DEXA ซึ่งพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จาก equation 1 ถึง equation 4 ไม่ต่างกับค่า DEXA ในกลุ่มผู้ชาย ทั้งกลุ่ม validate และ cross validate ส่วนในกลุ่มผู้หญิงมีเฉพาะ equation 2 เท่านั้นที่ต่างกับ DEXA ในทั้งกลุ่ม validate และ cross validate

เมื่อเทียบค่า %BF จากการอ่านค่า Omron และจากสมการของ Slaughter ที่นิยมใช้ในกลุ่มเด็ก จะเห็นความแตกต่างของทั้ง 2 ค่า จากค่ามาตรฐาน DEXA $p < 0.05$ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 Percent body fat from DEXA and equation in the validated group
and cross-validated group

	validation group	cross-validation group
	$\bar{X} \pm \text{S.D. (range)}$	$\bar{X} \pm \text{S.D. (range)}$
male	(n = 181)	(n = 60)
%BF_ DEXA	20.30 $\pm$ 10.46 (5.30-44.80)	20.57 $\pm$ 11.17 (5.70-44.10)
%BF_ equation1	20.29 $\pm$ 11.58 (6.73-60.56)	20.23 $\pm$ 11.83 (7.76-50.92)
%BF_ equation 2	19.86 $\pm$ 11.10 (6.60-57.08)	20.02 $\pm$ 11.57 (7.75-51.75)
%BF_ equation 3	20.32 $\pm$ 11.57 (6.67-60.78)	20.26 $\pm$ 11.67 (7.74-50.99)
%BF_ equation 4	20.05 $\pm$ 11.20 (6.61-57.81)	20.25 $\pm$ 11.54 (7.84-52.47)
%BF_ Omron	21.59 $\pm$ 6.68* (8.95-37.50)	20.27 $\pm$ 6.82* (6.60-34.05)
%BF_ Slaughter, 1988	17.4 $\pm$ 8.1* (7.2-41.9)	17.9 $\pm$ 8.6 (8.1-40.4)
female	(n = 199)	(n = 69)
%BF_ DEXA	27.23 $\pm$ 7.85 (10.80-47.60)	29.90 $\pm$ 8.01 (15.40-44.90)
%BF_ equation1	27.14 $\pm$ 7.75 (13.26-48.44)	29.43 $\pm$ 7.70 (7.76-50.92)
%BF_ equation 2	26.66 $\pm$ 7.68* (13.29-46.93)	29.14 $\pm$ 7.90* (15.24-50.18)
%BF_ equation 3	27.09 $\pm$ 7.68 (13.09-48.56)	29.35 $\pm$ 7.65 (15.44-47.84)
%BF_ equation 4	26.99 $\pm$ 7.81 (13.27-47.85)	29.55 $\pm$ 8.12 (15.32-50.93)
%BF_ Omron	23.04 $\pm$ 6.62* (5.65-37.25)	25.12 $\pm$ 7.27* (7.20-40.75)
%BF_ Slaughter, 1988	21.7 $\pm$ 6.2* (11.7-41.5)	23.4 $\pm$ 6.1* (12.6-38.4)

*Significantly difference from %BF_ DEXA within same sex and group, P<0.05 (Pair t-test)

ตารางที่ 18 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations to predict body fat compared to BF_DEXA

	validation			cross validation		
	r	mean difference	limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
equation1	0.953	-0.01	-7.63 – 7.62	0.965	-0.34	-5.76 – 5.08
equation2	0.952	-0.44	-7.71 – 6.82	0.957	-0.55	-6.09 – 4.98
equation3	0.954	0.02	-7.63 – 7.67	0.965	-0.31	-5.67 – 5.04
equation4	0.953	-0.25	-7.66 – 7.16	0.955	-0.32	-6.04 – 5.41
female						
equation1	0.934	-0.09	-5.57 – 5.39	0.940	-0.47	-6.53 – 5.59
equation2	0.938	-0.56	-5.77 – 4.64	0.948	-0.76	-6.41 – 4.89
equation3	0.932	-0.14	-5.65 – 5.37	0.939	-0.55	-6.63 – 5.53
equation4	0.938	-0.23	-5.46 – 4.99	0.948	-0.36	-6.17 – 5.45

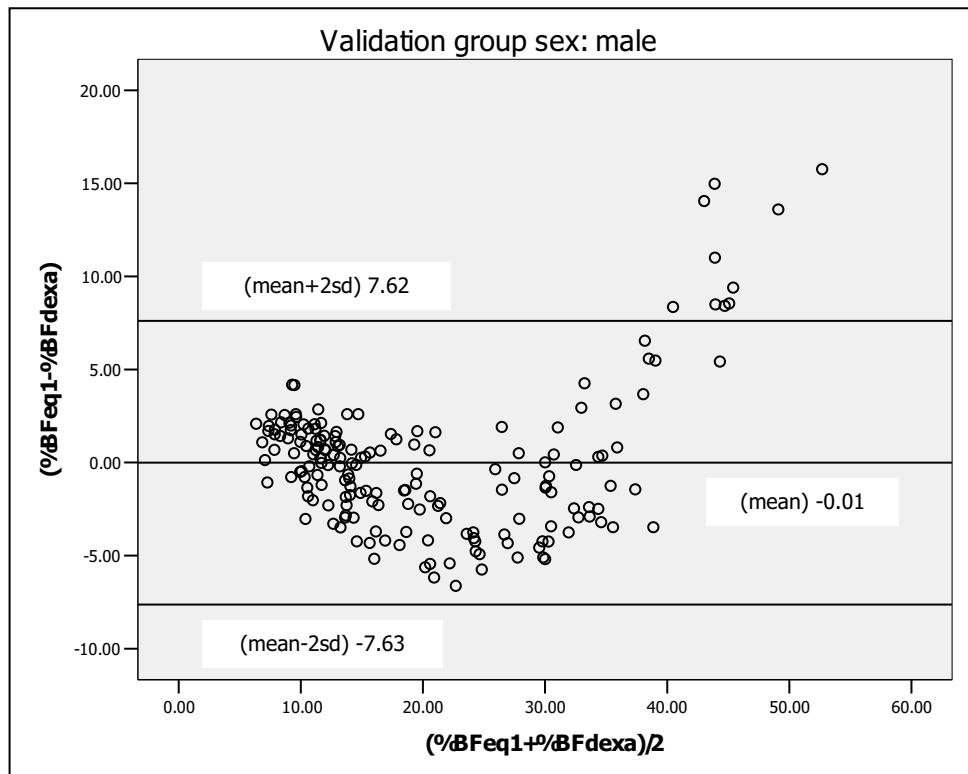
ตารางที่ 18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient correlation : r) ของทั้ง 4 equation โดยที่กลุ่มผู้ชายมีค่า 0.95 ขึ้นไป ส่วนในกลุ่มผู้หญิงได้ค่า 0.93 ขึ้นไป ในทุกสมการทั้งกลุ่ม validate และ cross validate (เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันของ DEXA กับเปอร์เซ็นต์ไขมันของทั้ง 4 equation (mean difference) ซึ่งมีค่าอยู่ใกล้ 0 ซึ่งถือว่าน้อยมากและค่าของความสอดคล้องที่ยอมรับได้ (limit of agreement) นำทั้ง 4 equation ในกลุ่ม validation ในผู้ชายพบว่ามีความสอดคล้องในช่วงที่ยอมรับ ± 7.7 ส่วนในผู้หญิงมีความสอดคล้องในช่วงที่ยอมรับ ± 5.7 ส่วนในกลุ่ม cross validation ในผู้ชายพบว่ามีความสอดคล้องในช่วงที่ยอมรับ ± 6.0 ส่วนในผู้หญิงมีความสอดคล้องในช่วงที่ยอมรับ ± 6.6)

จากรายงานการวิจัยด้าน body composition ที่ผ่านมา ให้ความสำคัญของคุณค่าเฉพาะของ ethnic group ที่จำเป็นต้องมีสมการการทำนายเฉพาะของ population นั้นๆ โดยเทียบกับค่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น (ในที่นี้คือ BF_DEXA) ดังนั้นการศึกษานี้เป็นการยืนยันว่าสมการที่พัฒนาจาก population อื่นนั้นอาจไม่เหมาะสมกับคนไทย และมีสมการที่พัฒนาจากการศึกษาครั้งนี้ 4 สมการที่เหมาะสมให้เลือกในการทำนายไขมันเด็กไทยในภาพรวมกลุ่มประชากร โดยที่ในผู้ชายทั้ง 4 สมการให้ความถูกต้องของการทำนายค่าเฉลี่ยไขมันไม่ต่างจากการอ่านค่าจาก DEXA ขณะที่ใน

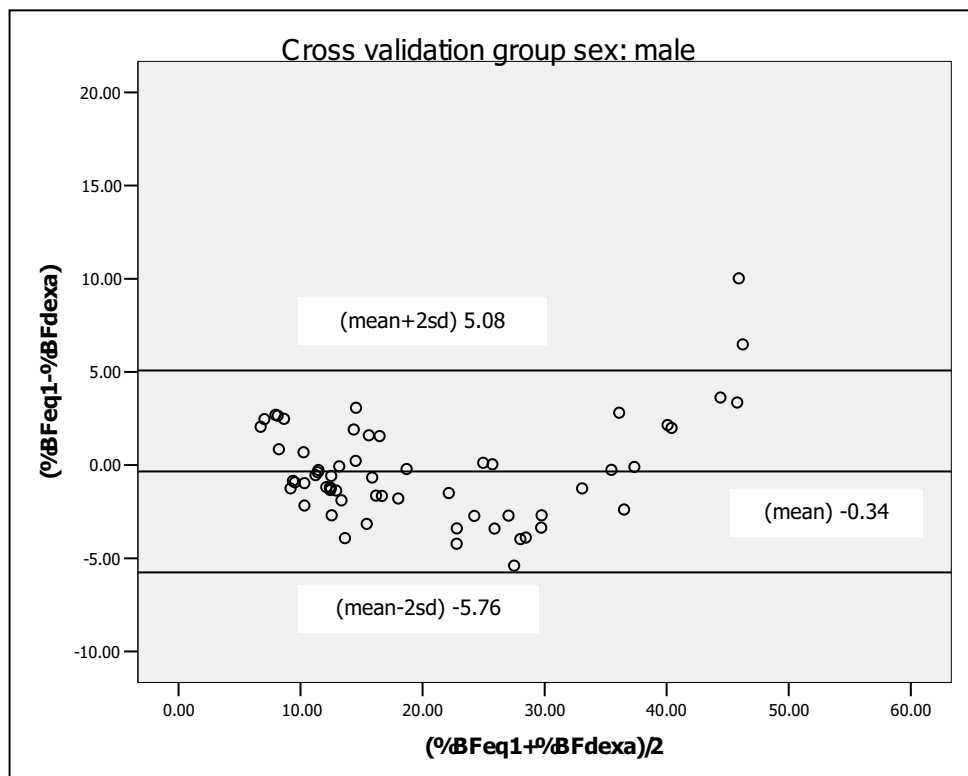
ผู้หญิงการทำนายโดยใช้สมการที่ 2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณไขมันของกลุ่มต่ำกว่าค่าที่ได้จาก DEXA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่การใช้สมการ 1,3 และ 4 พบว่าได้ค่าไม่ต่างจาก DEXA

การแสดงความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการ Bland and Altman⁽³¹⁾ เป็นการแสดงถึงความแม่นยำตรงจากสมการที่ทำนายค่าที่อ่านได้จะแตกต่างจากค่าที่เป็นจริง (BF_DEXA) มากน้อยแค่ไหน มีการจำกัดความสอดคล้อง (limit of agreement) ในช่วงเท่าไร

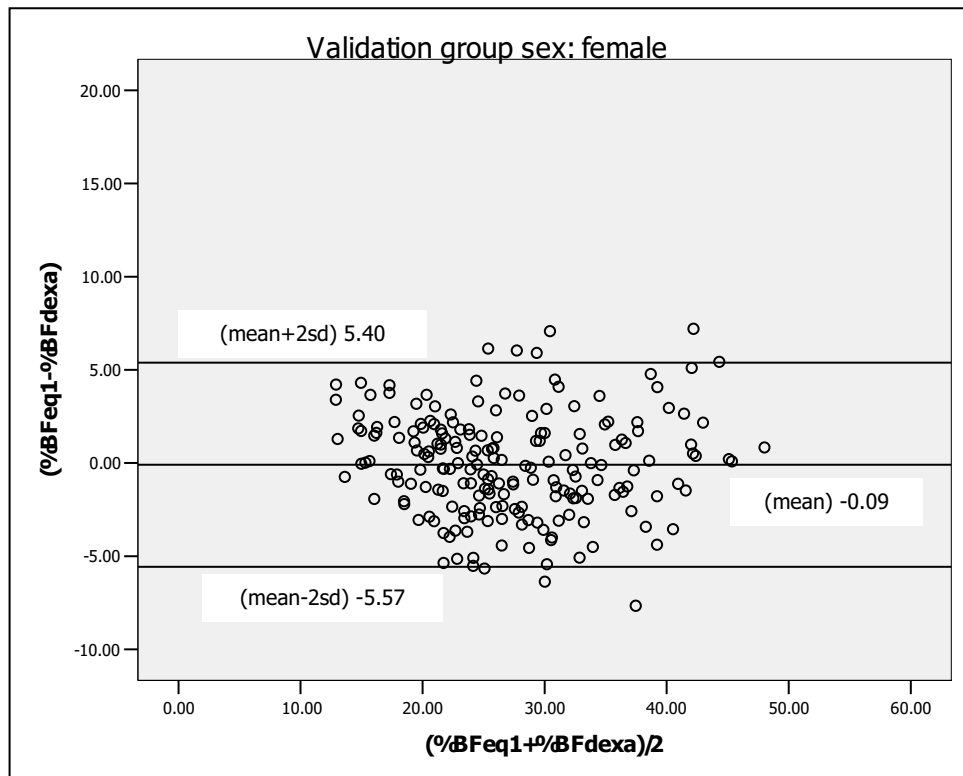
จากสมการที่พัฒนาได้ 4 สมการ นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่พัฒนาได้กับค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันที่วัดได้จากวิธี DEXA โดยวิธี Bland and Altman ได้กราฟแสดงดังรูปที่ 14-29



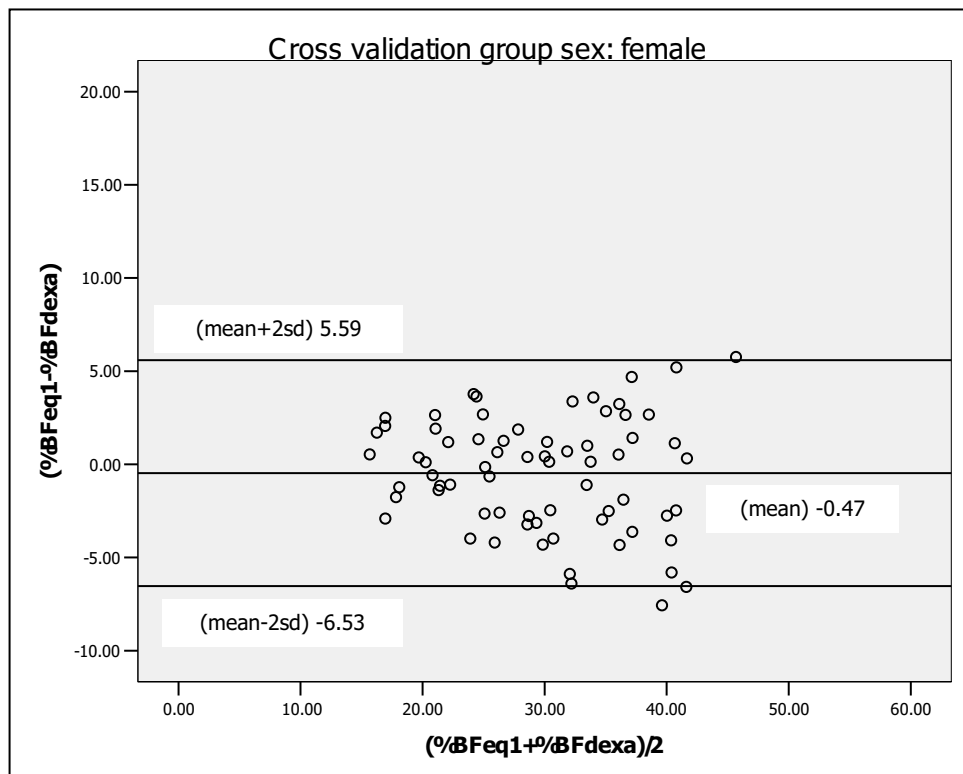
รูปที่ 14



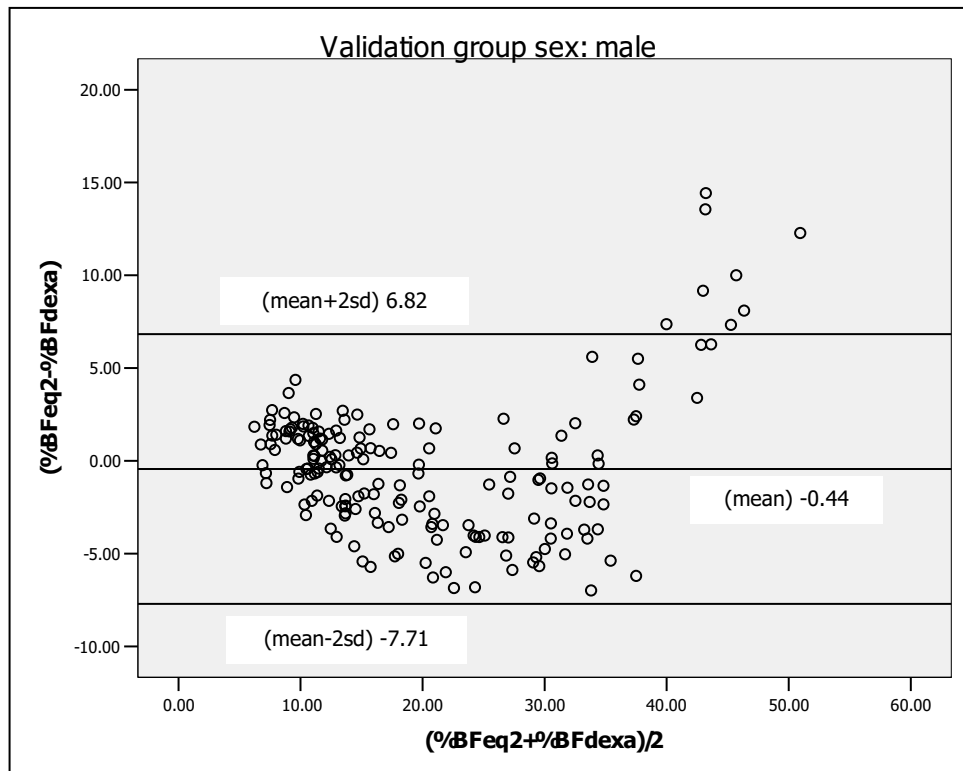
รูปที่ 15



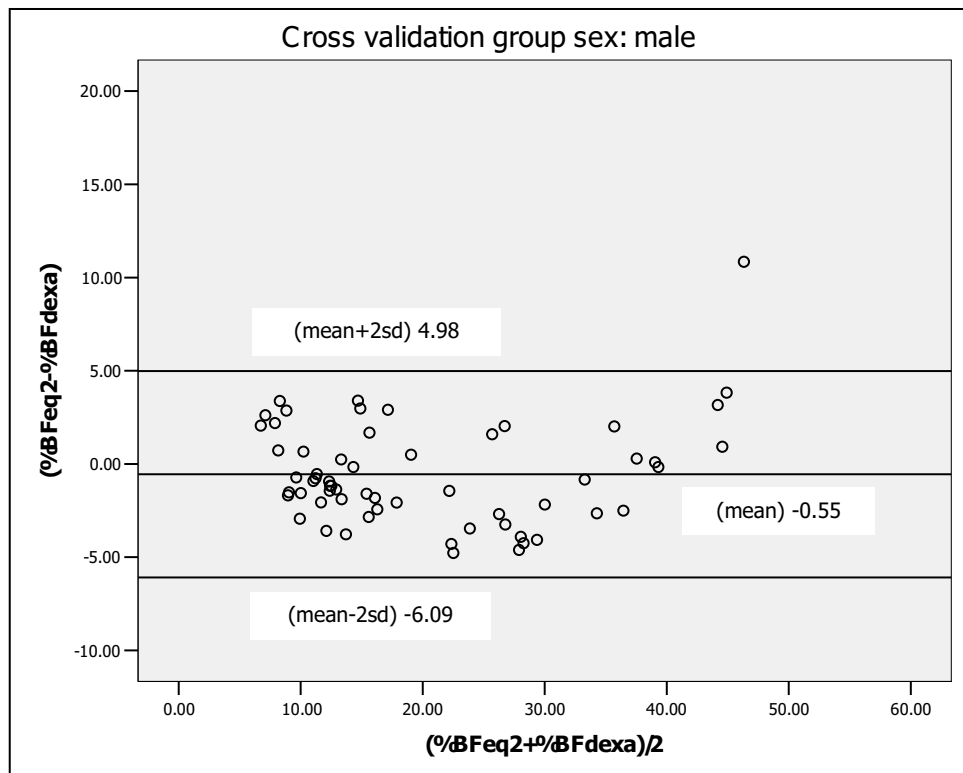
รูปที่ 16



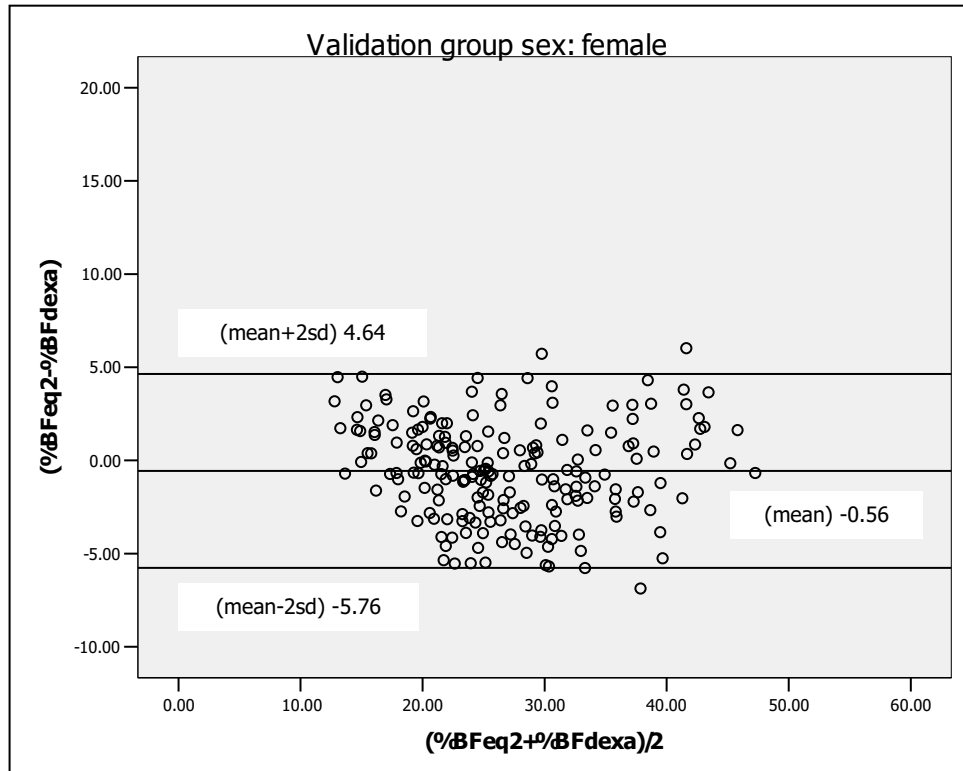
รูปที่ 17



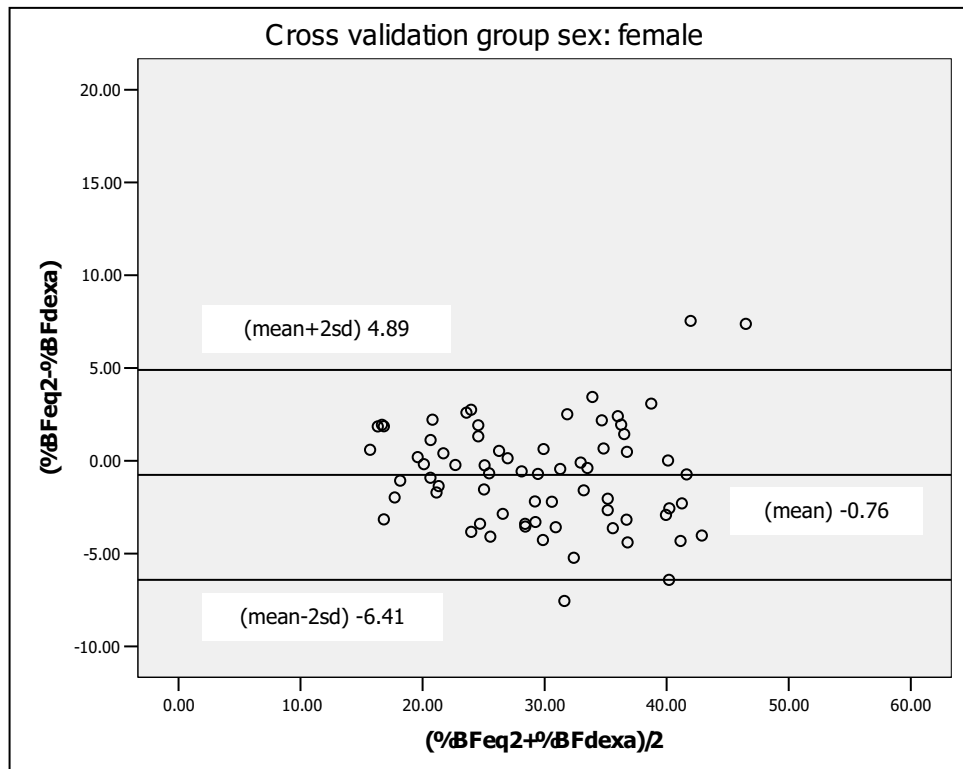
รูปที่ 18



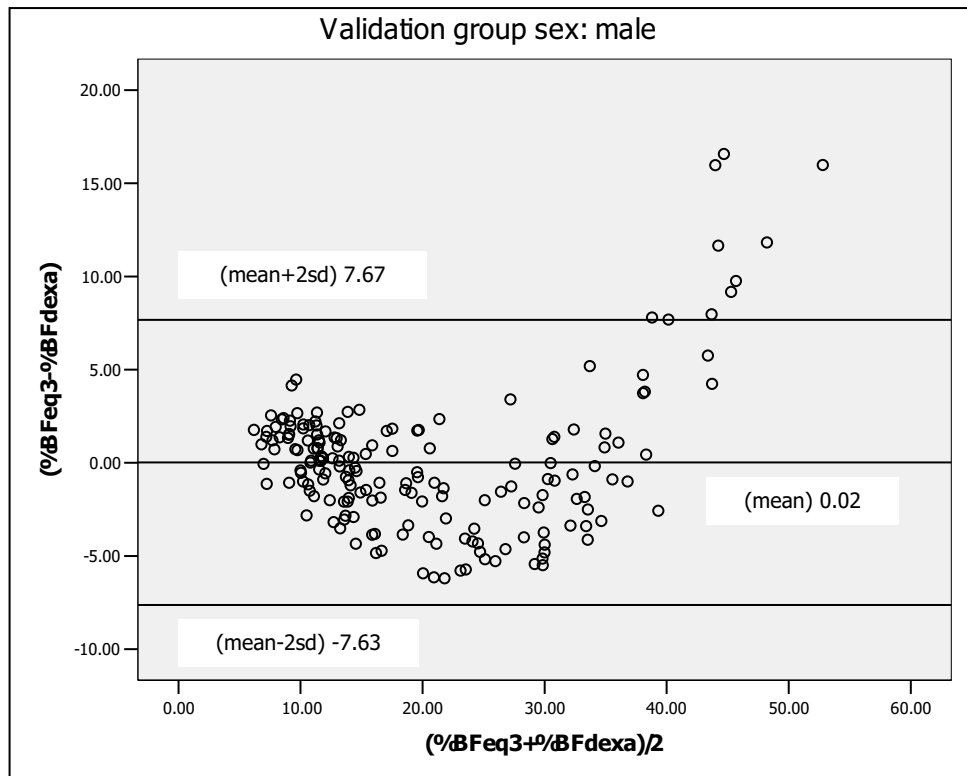
รูปที่ 19



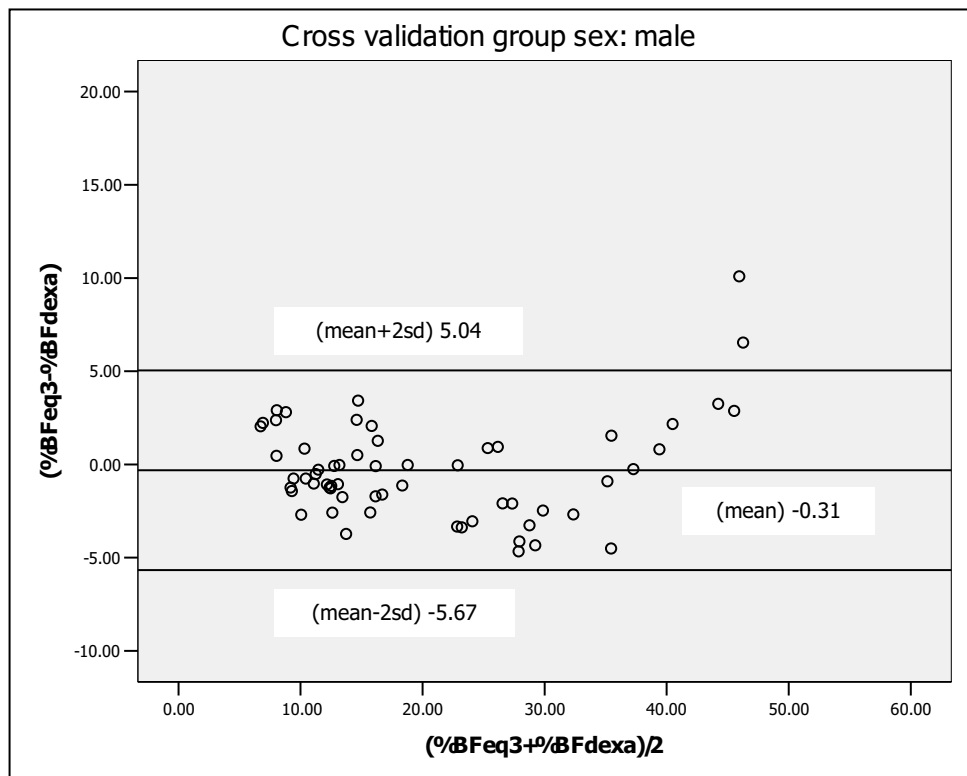
รูปที่ 20



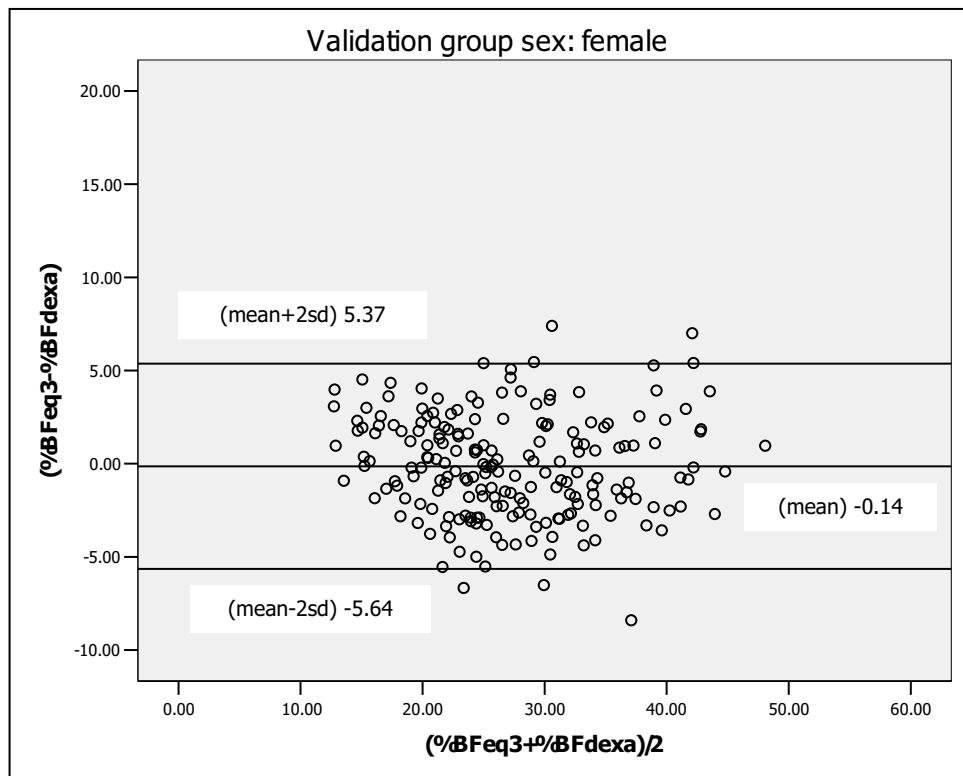
รูปที่ 21



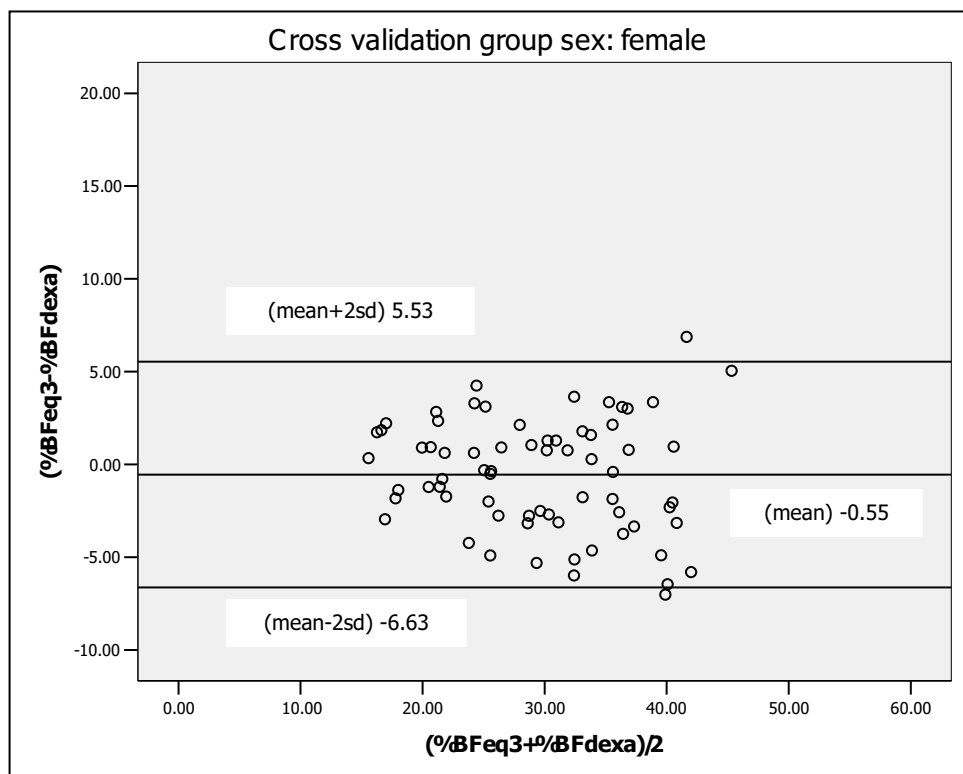
รูปที่ 22



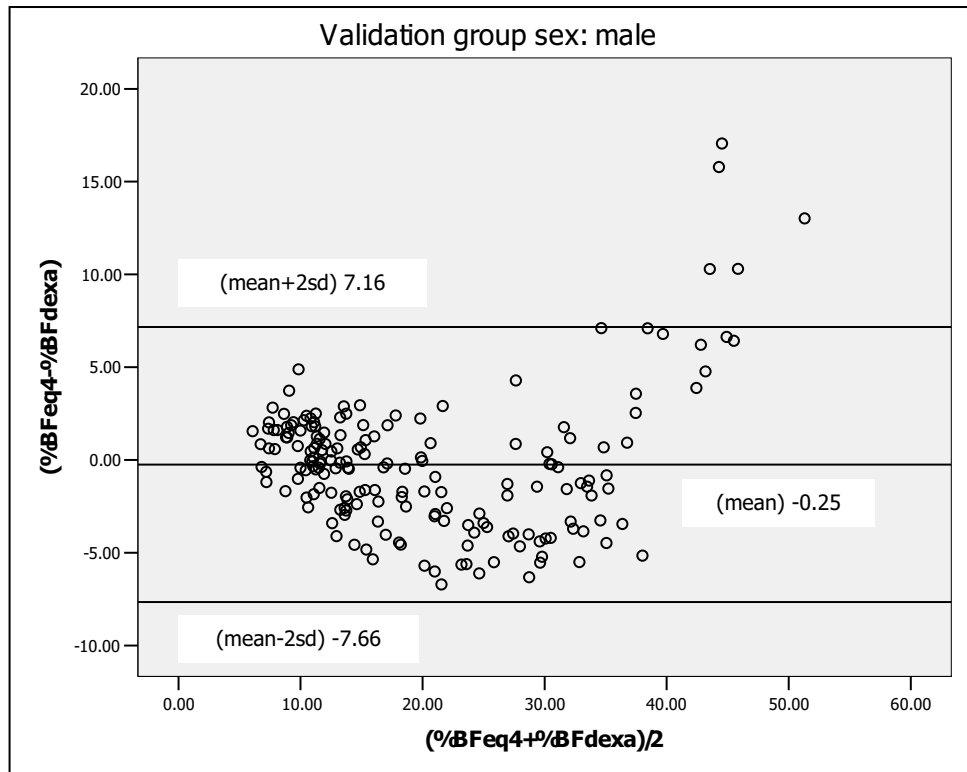
รูปที่ 23



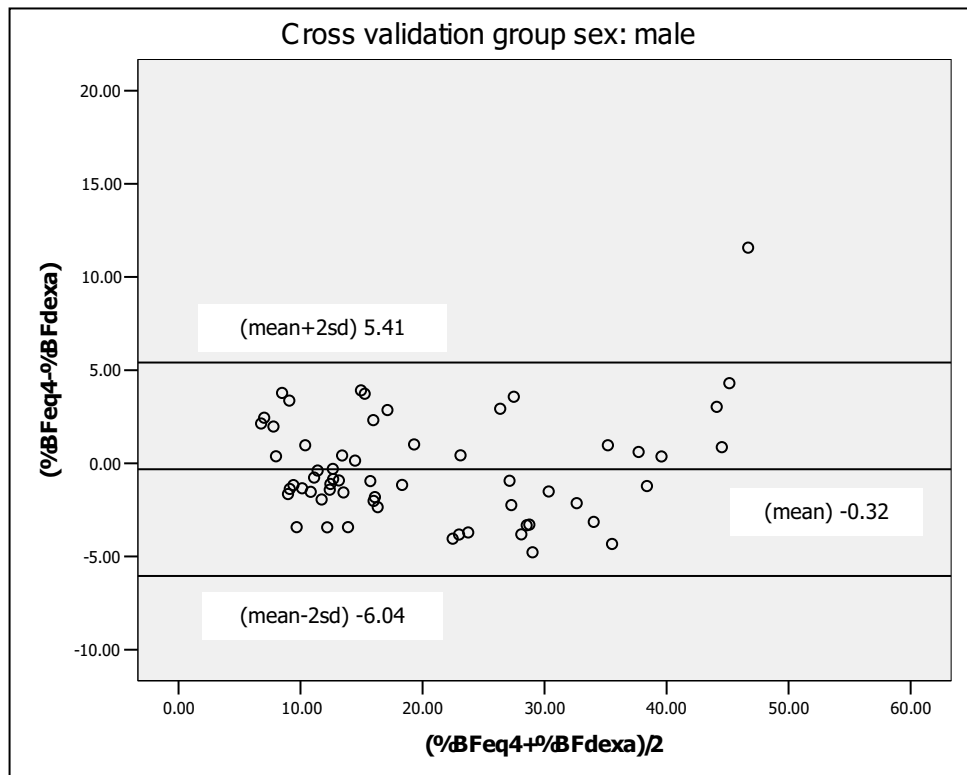
รูปที่ 24



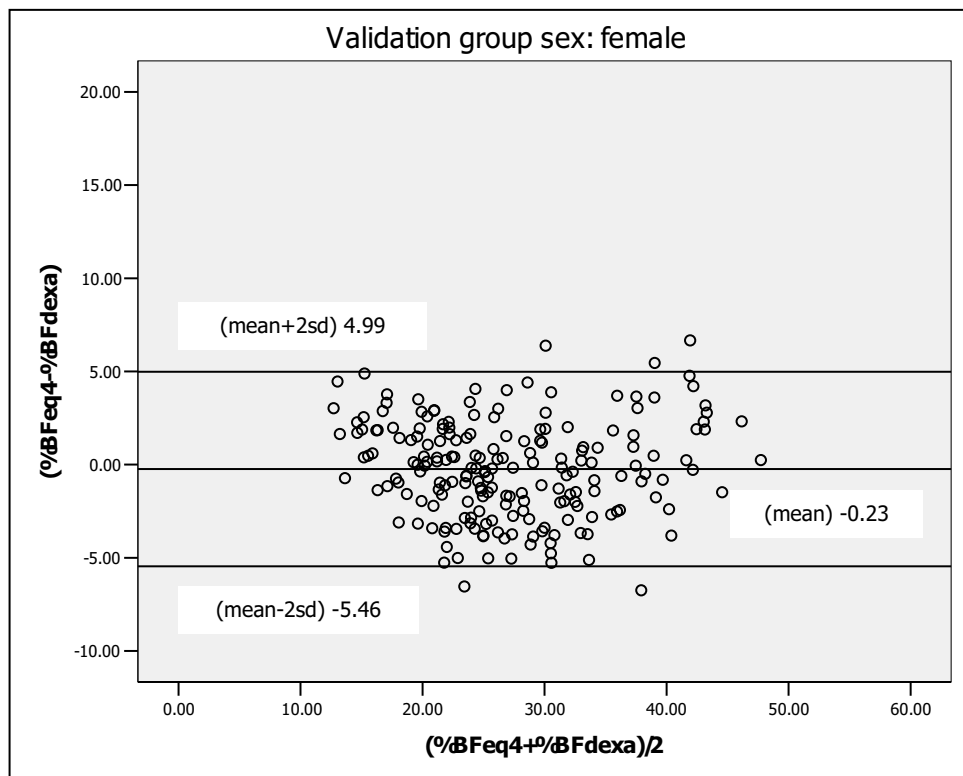
รูปที่ 25



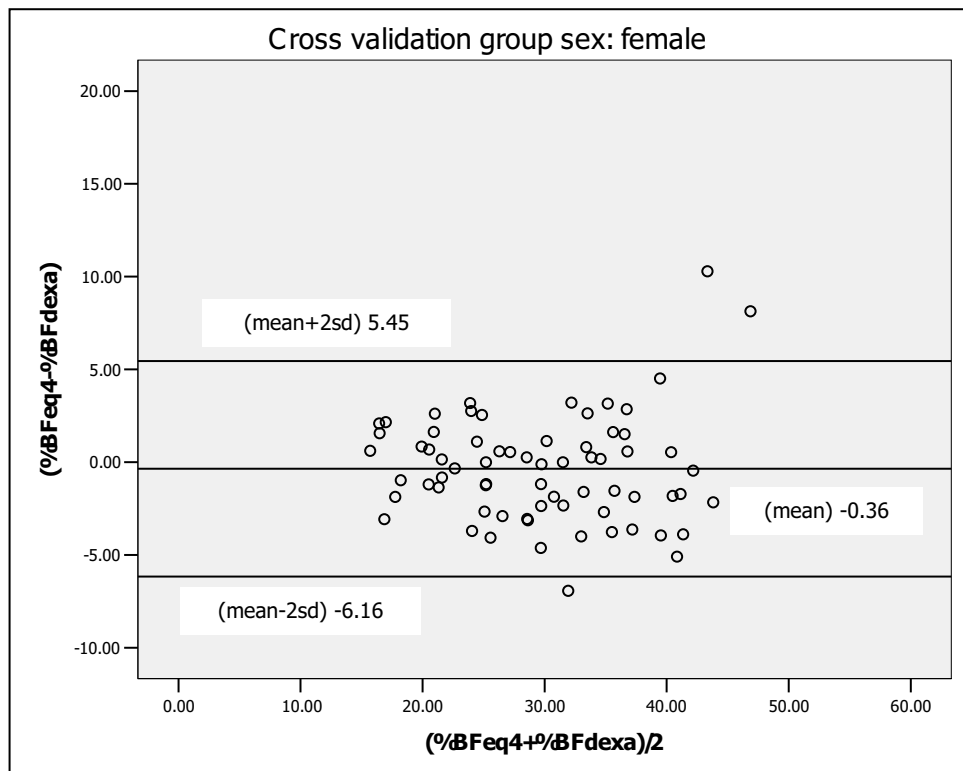
รูปที่ 26



รูปที่ 27



รูปที่ 28



รูปที่ 29

Bland and Altman plot จะเห็นได้ว่ามีบางค่าที่ออกนอกกรอบ $\pm 2SD$ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเพศชาย ซึ่งทั้ง 4 สมการของชายแสดงลักษณะของความคลาดเคลื่อนอย่างมีแบบแผนทั้งในข้อมูล Validate และ Cross validate โดยจะเห็นได้ว่ามี over estimate ในช่วงที่ไขมันเมื่อต่ำกว่า 10% และเมื่อเกิน 30% ขณะที่ช่วงระหว่างกลาง จะมีทิศทางไปในทาง under estimate ขณะเดียวกันจะสังเกตว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จะใกล้เคียงกับ ของ DEXA แต่ค่าช่วงบน (Maximum) ของทุกสมการสูงกว่าของ DEXA เป็นผลสะท้อนว่าสมการชุดนี้อาจพอใช้ในการทำนายค่าเฉลี่ยของระดับไขมันของกลุ่มประชากร ที่มีลักษณะเดียวกัน แต่อาจมีปัญหากับการประเมินรายบุคคล ที่มีระดับไขมันสูง หรือในการประเมินกลุ่มประชากรที่มีภาวะอ้วน จำนวนมากๆ หรือเมื่อใช้กับกลุ่มประชากรตัวอย่างนี้

ในเพศหญิง แม้ไม่มีลักษณะปัญหาเดียวกับเพศชาย ซึ่งสะท้อนว่าสมการสามารถทำนายค่าระดับไขมันเทียบเคียงกับค่า DEXA ได้ดี แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าเฉลี่ยของระดับไขมันที่ได้ค่อนข้างสูงเกือบถึงเกณฑ์ตัดสินระดับไขมันสูงในผู้ใหญ่เพศหญิง (30%) และสูงกว่าค่าที่ได้จากสมการ (ในที่นี้หมายถึง Slaughters) และเครื่องวัดปริมาณไขมันอื่น (ในที่นี้หมายถึง Omron) มาก เมื่อพิจารณาจากกลุ่มข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิงที่มีภาวะโภชนาการปกติ ของการศึกษา 4C จะพบว่าค่าเฉลี่ย % ไขมันที่ได้จาก DEXA ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างนี้ ในขณะที่ต่างจาก % ไขมันจาก 4C ในลักษณะเดียวกัน จึงอาจต้องมีการปรับค่าด้วยสมการในหน้า 45

จากการเรียนรู้ประเด็นที่จะสามารถปรับปรุงการวิเคราะห์ให้ดีขึ้น % BF Equation ที่ควรแยก puberty ระดับต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในเพศชาย นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาตัวแปรอิสระที่เหมาะสมได้แก่ age weight height BMI และ sum3skf (triceps + suprailiac oblique + calf) พบว่าความสัมพันธ์ของ %BF_DEXA และค่าวัดตัวแปรอิสระไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งจะเกิดชัดเจนในช่วงที่ระดับไขมันสูงๆ ทำให้การใช้สมการเส้นตรงทำนายไขมันระดับสูงๆ มีค่าคลาดเคลื่อนไปในทาง over estimate และจากการสังเกตรูปแบบของความคลาดเคลื่อนแล้ว ค่าระดับไขมันที่น่าจะเป็นจุดเปลี่ยนความสัมพันธ์เป็นเส้นโค้งลง น่าจะอยู่ประมาณระดับไขมันตั้งแต่ 30% ขึ้นไป ซึ่งจะต้องใช้สมการต่างหากจากคนที่มีความระดับไขมันต่ำกว่านี้ ซึ่งเมื่อทดสอบหาจุดที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ระหว่าง %BF_DEXA กับ sum3skf พบว่า sum3skf ที่ 50mm เป็นจุดที่เหมาะสมในการแยกวิเคราะห์หาสมการทำนายไขมันออกเป็น 2 ช่วง ที่ใช้ได้ทั้งในชายและหญิง ในเพศหญิงได้สมการทำนายไขมันแบ่งตามค่า sum3skf ≤ 50 mm และ > 50 mm ดังแสดงในตารางที่ 19 ส่วนในเพศชายถึงแม้จะแบ่งเช่นเดียวกับเพศหญิงยังพบอีกว่าปริมาณไขมันมีส่วนผกผันตามอายุ ในคนที่มีค่า sum3skf ≤ 50 mm จึงจำเป็นต้องแบ่งสมการตามกลุ่มอายุด้วย ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 Developed percent body fat (%BF) equations from skinfold measurement compared to percent body fat from DEXA by Sum3 SKF criteria

model	%BF from DEXA	R ²	SEE
male			
Sum3skf < 50 mm 3 age group			
10 – 12 yr	$17.274 + [(0.776 \times \text{Sum3skf}) - (0.127 \times \text{height in cm})]$	0.928	2.343
13 – 14 yr	$13.398 + [(0.774 \times \text{Sum3skf}) - (0.106 \times \text{height in cm})]$	0.935	1.943
15 – 18 yr	$-19.207 + [(0.697 \times \text{Sum3skf}) + (0.090 \times \text{height in cm})]$	0.888	1.929
Sum3skf ≥50 mm All age group			
	$47.121 + [(0.214 \times \text{Sum3skf}) - (0.155 \times \text{height in cm})]$	0.611	2.332
female			
Sum3skf < 50 mm 3 age group			
10 – 12 yr	$-8.616 + [(0.477 \times \text{Sum3skf}) + (1.650 \times \text{BMI}) - (0.298 \times \text{weight in kg})]$	0.865	2.279
13 – 14 yr	$0.073 + [(0.358 \times \text{Sum3skf}) + (0.712 \times \text{BMI})]$	0.808	1.930
15 – 18 yr	$-3.422 + [(0.439 \times \text{Sum3skf}) + (0.759 \times \text{BMI})]$	0.772	1.947
Sum3skf < 50 mm All age group			
	$-5.077 + [(0.435 \times \text{Sum3skf}) + (1.169 \times \text{BMI}) - (0.13 \times \text{weight in kg})]$	0.837	2.409
Sum3skf ≥50 mm All age group			
	$5.086 + [(0.311 \times \text{Sum3skf}) + (0.596 \times \text{BMI})]$	0.629	2.497
Sum3skf = Sum skin fold of triceps, suprailiac oblique and calf in mm.			

นำสมการจากตารางที่ 19 ไปใช้ทำนายค่าไขมันในเพศชายทั้ง 4 สมการได้ค่า เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%BF_ equation_skf50_3age gr) และในเพศหญิงได้ค่า เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%BF_ equation_skf50_all age group) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ เปอร์เซ็นต์ไขมัน จากค่า DEXA (%BF_ DEXA) พบว่า ในกลุ่ม cross-validation group ได้ค่าสถิติพื้นฐานของเปอร์เซ็นต์ไขมันระหว่าง %BF_ DEXA กับ %BF จาก equation ใหม่ไม่แตกต่างกันที่ $P > 0.05$ โดยใช้การทดสอบ Paired t-test เมื่อทดสอบด้วยจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้นโดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดของ validation group ได้ผลยืนยันในทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 Percent body fat from DEXA and from equations in the validated group and cross-validated group

	validation group $\bar{X} \pm \text{S.D. (range)}$	cross-validation group $\bar{X} \pm \text{S.D. (range)}$
male	(n = 181)	(n = 60)
%BF_ DEXA	20.30 $\pm$ 10.46 (5.30-44.80)	20.57 $\pm$ 11.17 (5.70-44.10)
%Bf_SKF50_3age gr	20.34 $\pm$ 10.23 (3.50-42.23)	20.23 $\pm$ 10.49 (6.55-39.12)
% Bf_SKF50_4C	16.56 $\pm$ 5.74 (7.12-28.85)	16.50 $\pm$ 5.89 (8.83-27.10)
female	(n = 199)	(n = 69)
%BF_ DEXA	27.23 $\pm$ 7.85 (10.80-47.60)	29.90 $\pm$ 8.01 (15.40-44.90)
%Bf_SKF50_3age gr	27.22 $\pm$ 7.49 (12.37-44.97)	29.52 $\pm$ 7.58 (12.30-46.91)
%Bf_SKF50_ all age gr gr	27.24 $\pm$ 7.47 (12.97-44.97)	29.76 $\pm$ 7.47 (14.04-46.91)
%Bf_SKF50_4C	20.43 $\pm$ 4.19 (12.43-30.39)	21.85 $\pm$ 4.19 (13.03-31.47)

Non significant (p > 0.05) by pair t-test within group

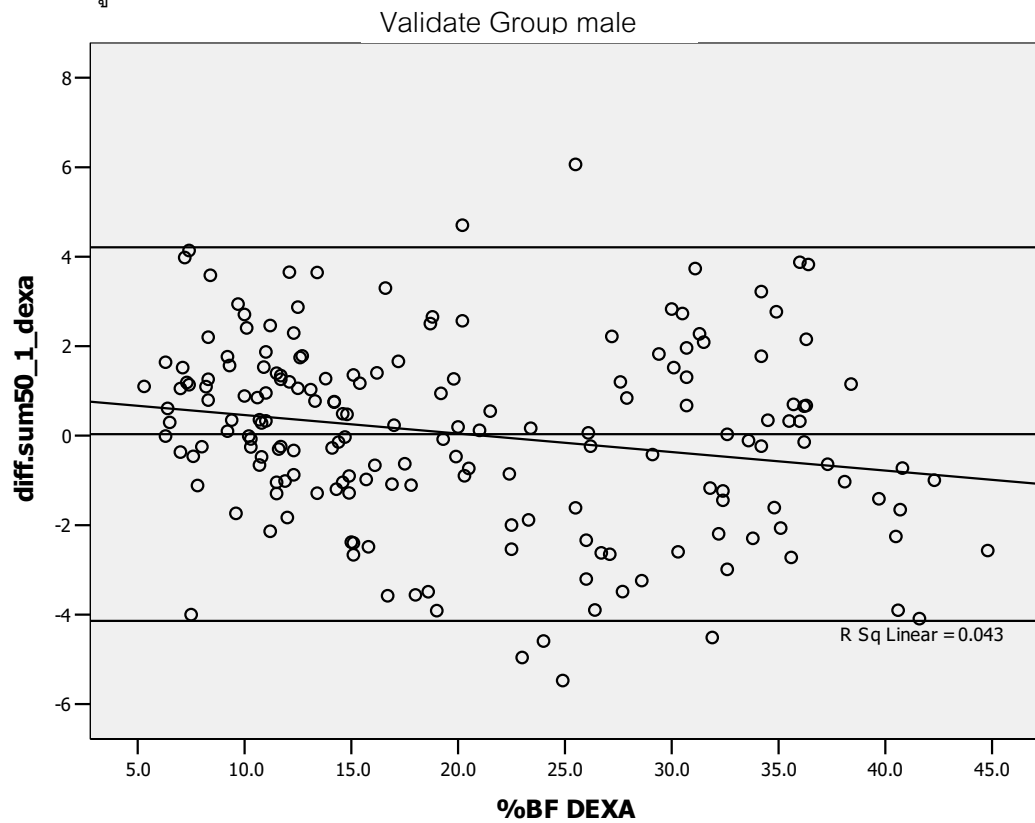
จากนั้นวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของค่าทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมัน จากสมการเปอร์เซ็นต์ไขมันกับจาก DEXA โดยหาค่า Correlation coefficient และหาค่าความสอดคล้องที่ยอมรับได้ (limit of agreement) ในการนำสมการไปใช้ทั้งในชายและหญิงโดยมีค่า mean difference ของค่าสมการที่พัฒนา กับค่า DEXA มีค่าเข้าใกล้ 0 ทั้ง 2 เพศ ทั้งในเพศชายและหญิง ทั้ง 2 group (validation และ cross validation) โดยที่ค่า limit of agreement มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ในชายและหญิง ดังแสดงในตารางที่ 21 และรูปที่ 30 - 33

ตารางที่ 21 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations to predict body fat compared to BF_DEXA

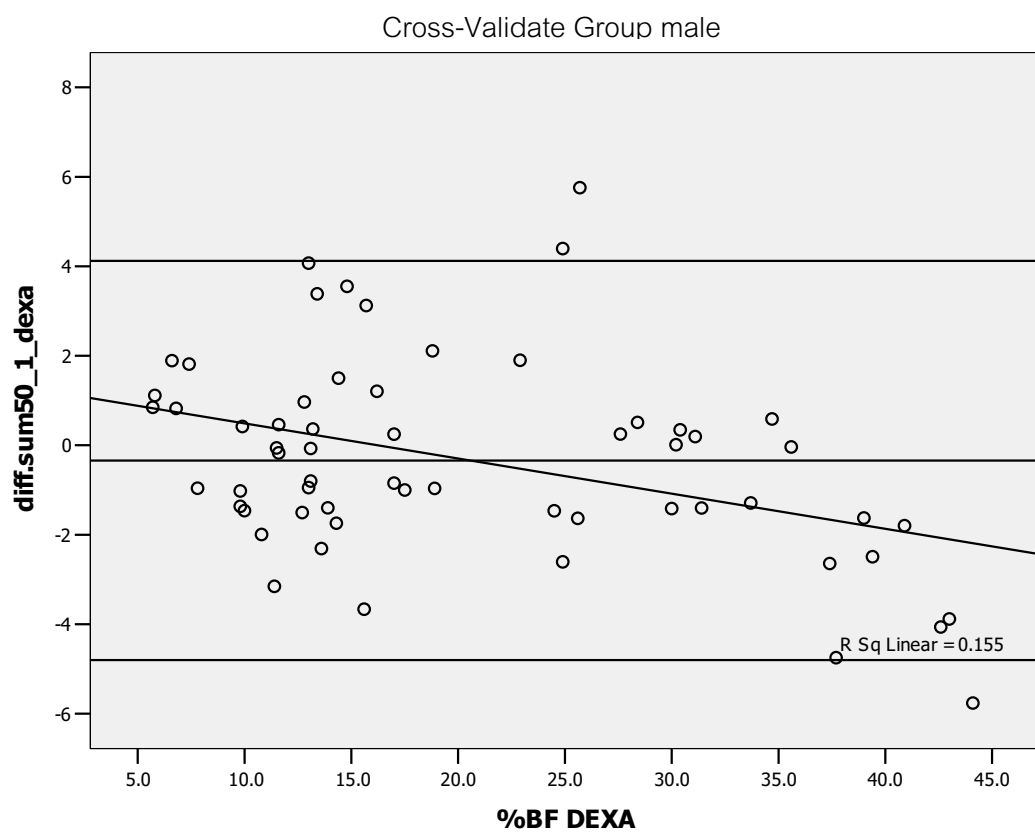
	validation			cross validation		
	r	mean difference	limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
%Bf_SKF50_3age gr	0.980*	0.04	-4.14 – 4.22	0.981*	-0.34	-4.80 – 4.12
female						
%Bf_SKF50_3age gr	0.955*	-0.01	-4.66 – 4.64	0.945*	-0.39	-5.63 – 4.86
% BF_SKF50_ all age gr	0.953*	0.01	-4.77 – 4.78	0.944*	-0.15	-5.44 – 5.15

*Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

รูปที่ 30

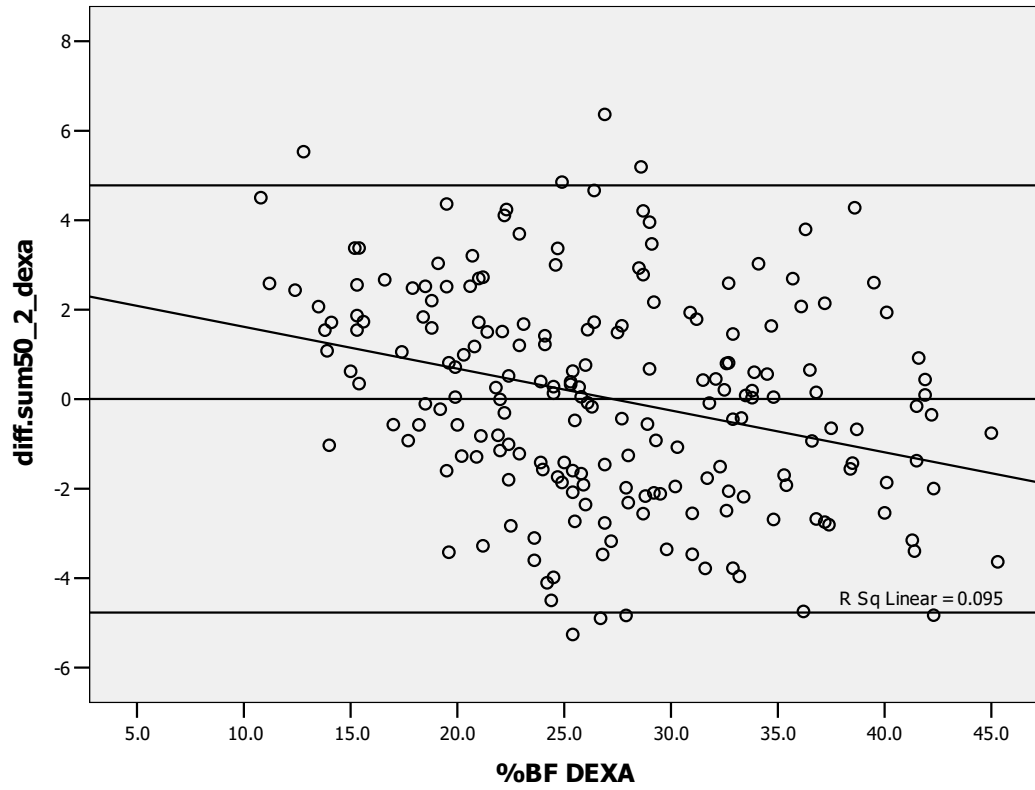


รูปที่ 31



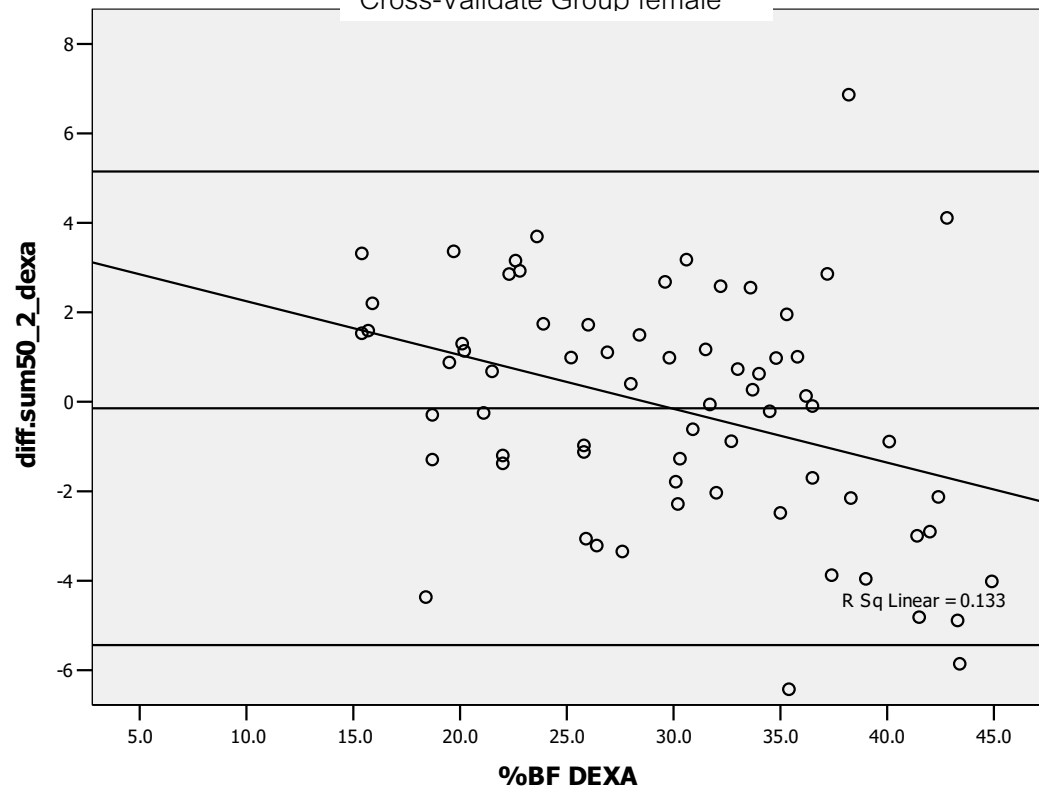
รูปที่ 32

Validate Group female



รูปที่ 33

Cross-Validate Group female



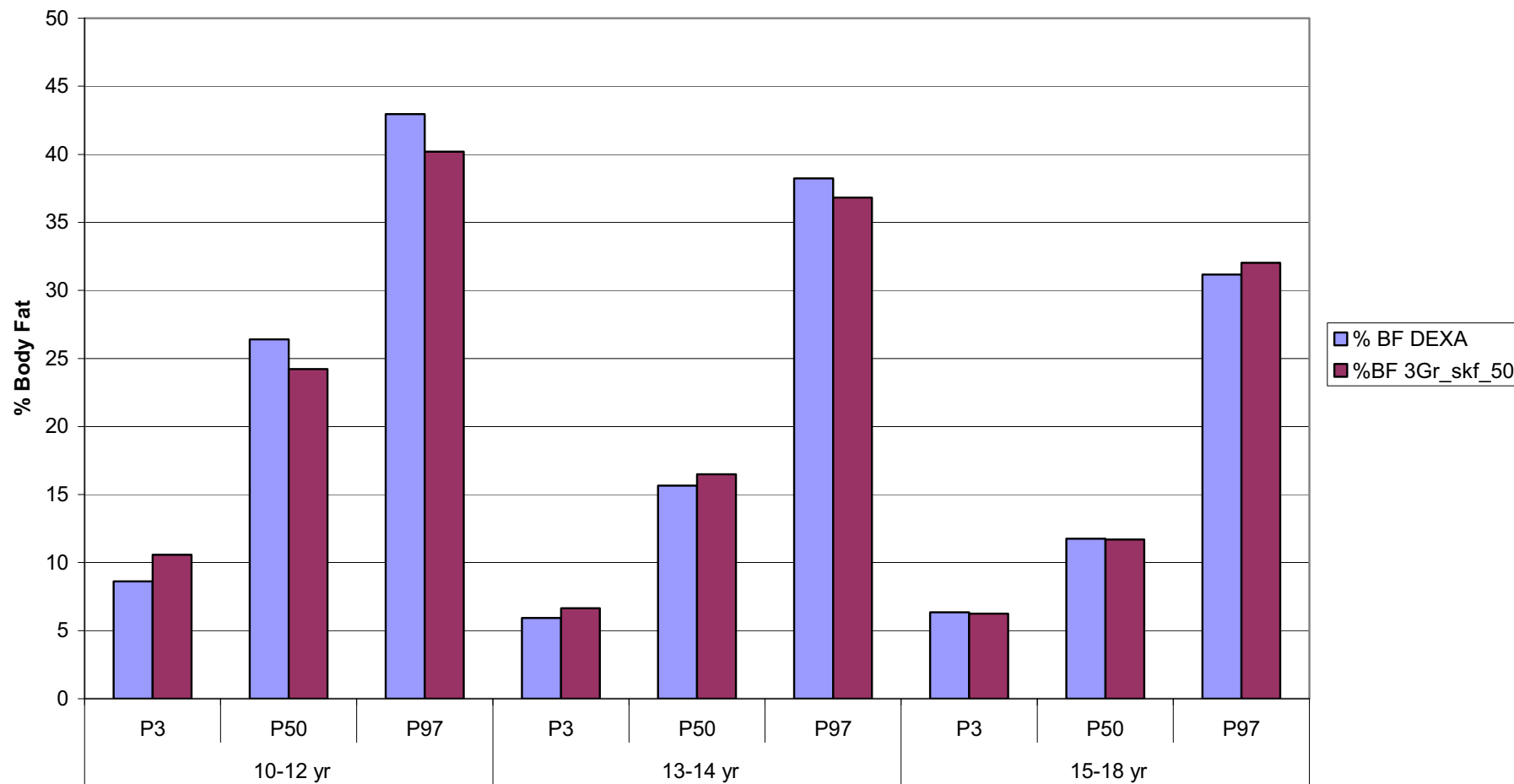
และเพื่อเป็นการตรวจสอบค่าทำนายเปอร์เซ็นต์ไขมันจากสมการที่พัฒนาว่าจะมีการทำนายในระดับรายบุคคลได้ดีมากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับค่า DEXA โดยพิจารณา percentile ต่างๆ เพื่อดูการกระจายตัวของแต่ละกลุ่มอายุและเพศจากข้อมูลทั้งหมด (n = 509) พบว่าได้ค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 22 และรูปที่ 34 – 39 (ตารางข้อมูลค่า percentile ของรูปที่ 36 และ 37 แสดงในภาคผนวก น) ดังนั้น จึงควรใช้สมการในตารางที่ 19 แทนสมการในตารางที่ 17

ตารางที่ 22 Percentile of percent body fat from equations

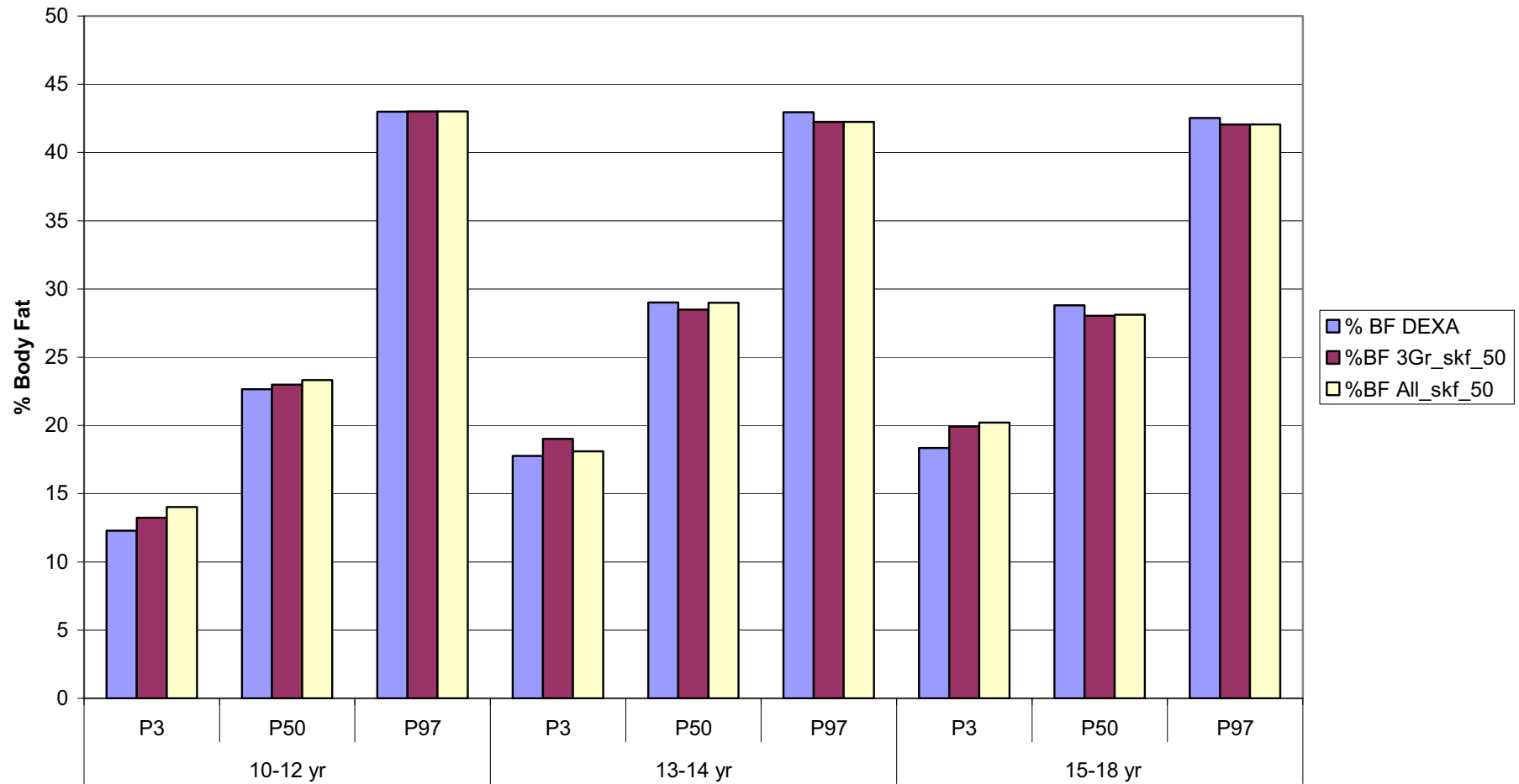
% BF DEXA											
sex	age group	N	Percentiles								
			3	5	10	25	50	75	90	95	97
male	gr. 10-12	103	8.62	10.84	11.64	14.60	26.40	34.90	40.18	42.02	42.95
	gr. 13-14	74	5.93	6.30	8.30	10.88	15.65	27.30	33.60	37.48	38.23
	gr. 15-18	64	6.35	6.58	7.10	8.55	11.75	18.55	25.10	29.58	31.18
female	gr. 10-12	96	12.29	13.40	14.73	18.43	22.65	31.95	39.68	41.61	42.99
	gr. 13-14	77	17.77	18.77	19.86	22.70	29.00	35.35	40.38	42.30	42.96
	gr. 15-18	95	18.34	19.42	22.12	25.20	28.80	33.80	37.72	41.66	42.52

% BF_developed equation Eq3											
sex	age group	N	Percentiles								
			3	5	10	25	50	75	90	95	97
male	gr. 10-12	103	10.57	11.54	12.65	14.95	24.21	35.97	38.41	39.72	40.21
	gr. 13-14	74	6.64	7.68	9.08	10.95	16.48	28.61	32.91	33.88	36.82
	gr. 15-18	64	6.26	6.65	6.92	8.60	11.70	17.51	24.18	31.42	32.04
female	gr. 10-12	96	13.23	14.96	15.76	18.40	22.98	31.42	38.19	41.89	43.00
	gr. 13-14	77	18.10	18.88	19.89	22.30	28.48	34.93	38.40	40.47	42.24
	gr. 15-18	95	19.93	20.76	22.10	24.68	28.04	33.78	37.89	41.41	42.06

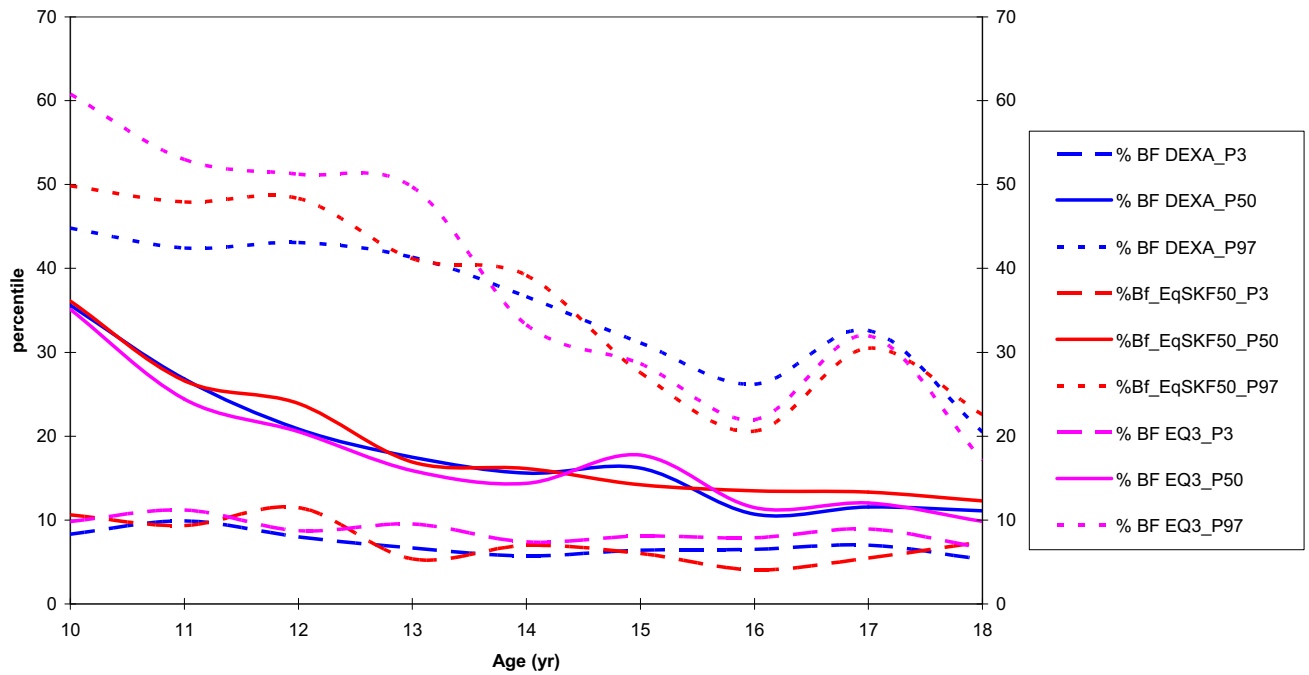
รูปที่ 34 Comparison between % Body Fat_DEXA and Eq_sum skf_50_3 age-group in 241 male subjects



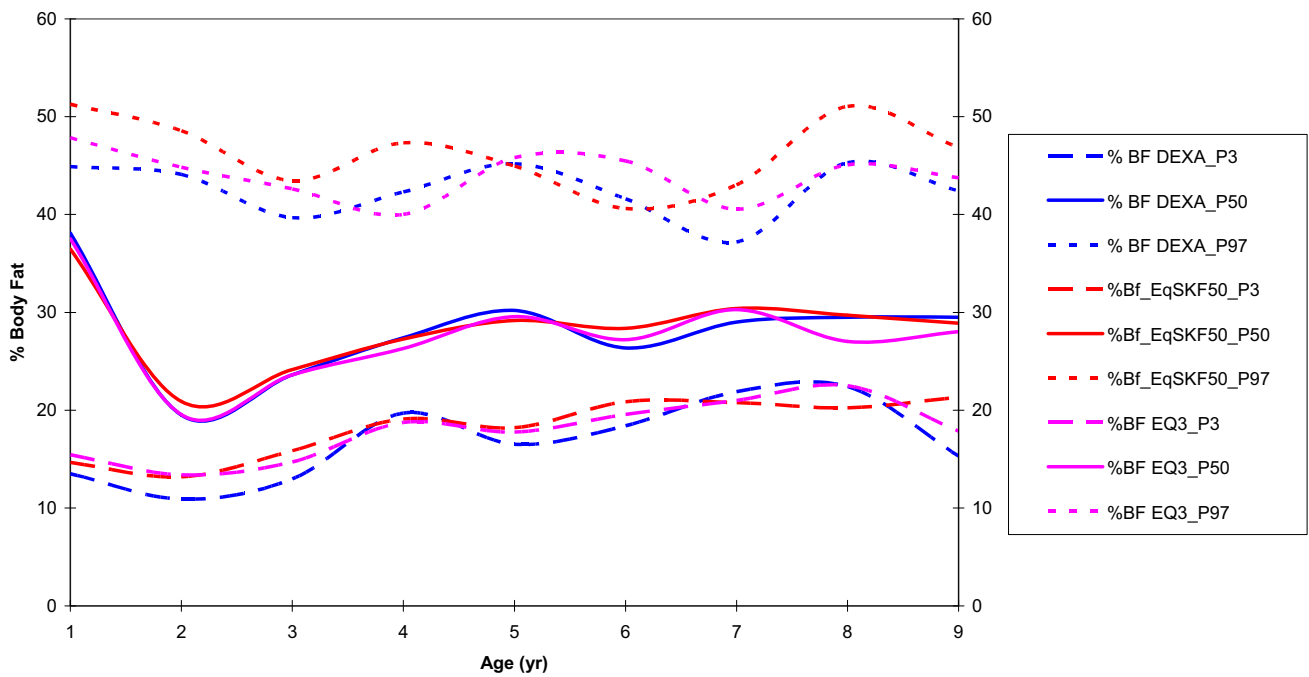
รูปที่ 35 Comparison of % Body Fat_DEXA, developed Eq_sum skf_50_3 age-group and Eq_sum skf_50_all age-group in 268 female subjects



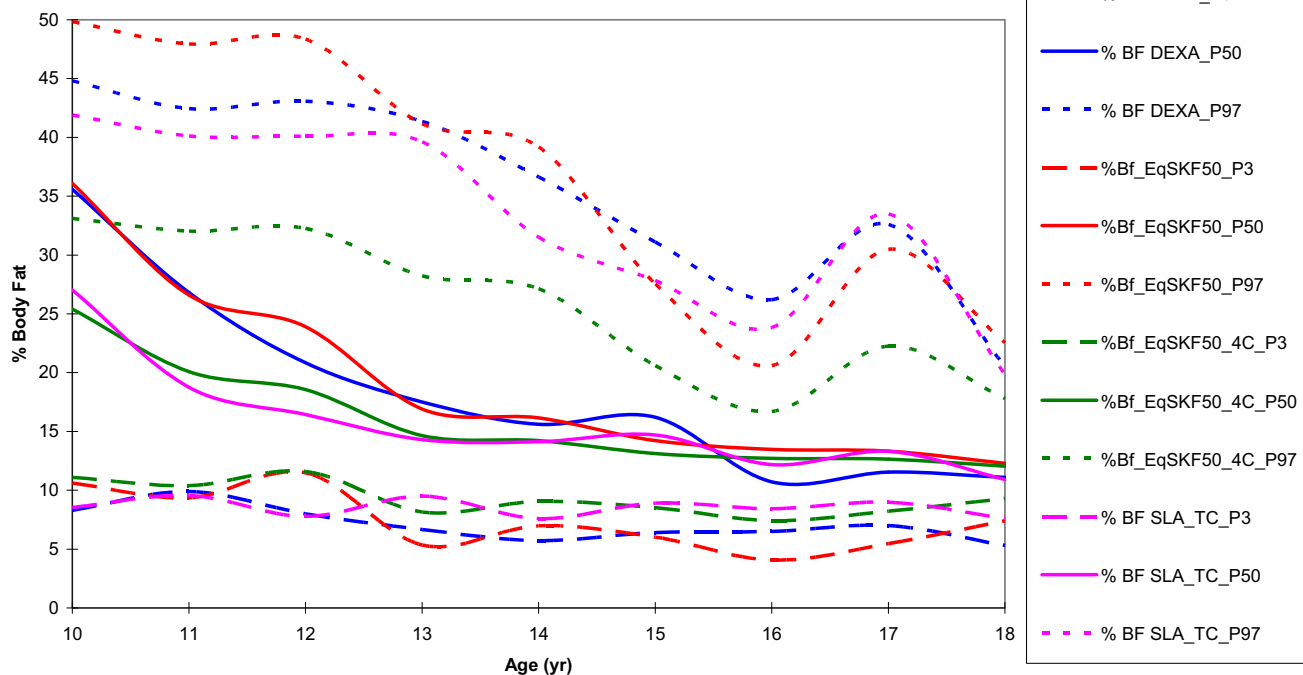
รูปที่ 36 กราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ระหว่าง %BF_EQ3 กับ % BF DEXA และ %BF EqSKF สูตรต่างๆ Male Develop (n=241)



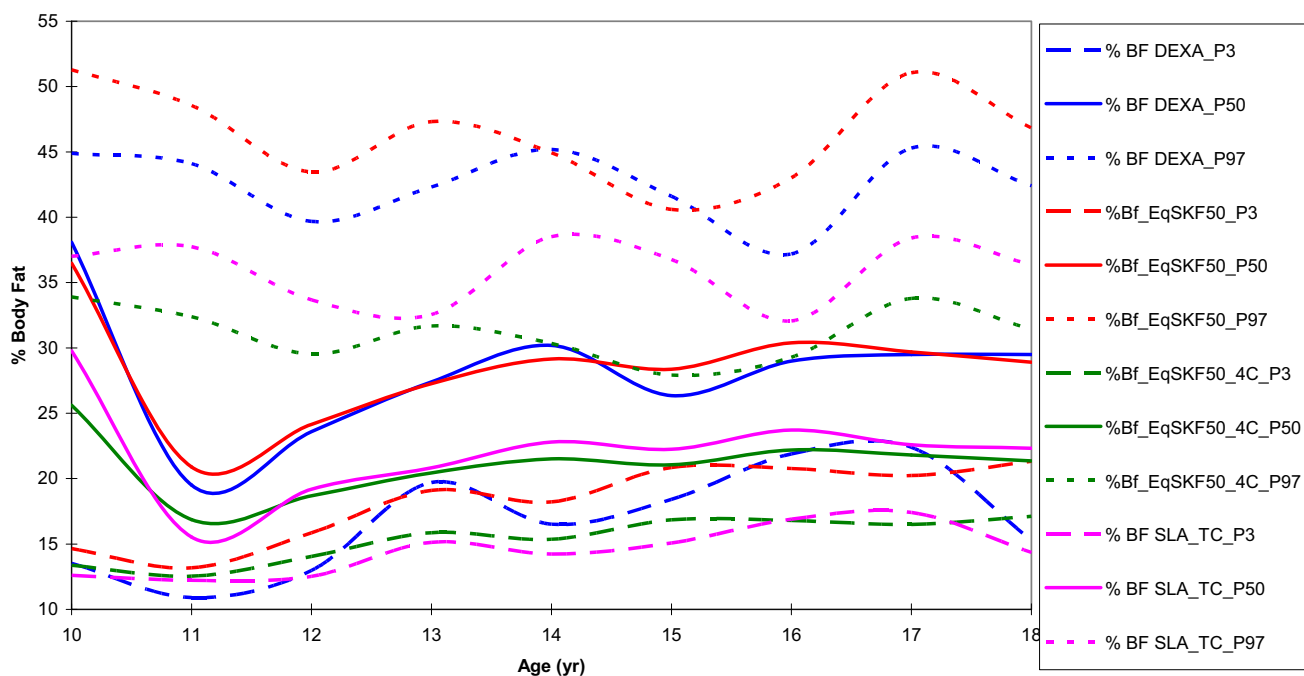
รูปที่ 37 กราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ระหว่าง %BF_EQ3 กับ % BF DEXA และ %BF EqSKF สูตรต่างๆ Female Develop (n=268)



รูปที่ 38 กราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ระหว่าง %BF_EQ กับ % BF ของสมการ Sloucter สูตรต่างๆ Male Develop (n=241)



รูปที่ 39 กราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ระหว่าง %BF_EQ กับ % BF ของสมการ Sloucter สูตรต่างๆ Female Develop (n=268)



3.3.4.5 สรุปสมการทำนายไขมันของเด็กไทย

สรุปการพัฒนาสมการเพื่อทำนายไขมันโดยการวัดค่า skf (triceps, suprailiac oblique and calf) ร่วมไปกับการทราบค่าอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ของเด็กไทยชายหญิงช่วงอายุ 10 – 18 ปีนั้น เป็นสมการที่ได้เลือกสรรมาจากหลาย model และพบว่าสมการที่นำเสนอนี้ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันให้ค่าใกล้เคียงกับ DEXA ที่อิงข้อมูลการเทียบจาก 4C เป็นบรรทัดฐาน จากนั้นมีการตรวจสอบทั้งค่า Paired t-test เพื่อบอกถึงค่าว่าไม่แตกต่างกันระหว่างเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้กับค่าจาก 4C ตรวจสอบ Bland and Altman test เพื่อบอกความสัมพันธ์ของค่าการทำนายกับค่าที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ยังได้หาค่า percentile เพื่อเทียบการกระจายตัวในระดับต่างๆ เพิ่มเติม พบว่าสมการที่พัฒนาสามารถนำมาใช้ในการประเมินไขมันได้แม่นยำตรงและเชื่อถือได้ (สมการแสดงในตารางที่ 19)

3.4 การศึกษาดัชนีวัดเส้นรอบเอว และความสัมพันธ์ต่อไขมันร่างกายในวัยรุ่น

การวัดภาวะโภชนาการโดยการวัดเส้นรอบเอวนั้นทำได้ไม่ยากนักและสามารถใช้เป็นดัชนีคัดกรองเด็กที่มีปัญหาสุขภาพได้ แต่เนื่องจากการวัดเส้นรอบเอวนั้นสามารถวัดได้หลายระดับที่บริเวณลำตัว วัดจุดประสงค์การศึกษาครั้งนี้เพื่อ (1) ต้องการศึกษเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของเส้นรอบเอวที่วัด ณ บริเวณ 4 ตำแหน่ง และศึกษาตำแหน่งที่เส้นรอบเอวที่ใช้ในการทำนายปริมาณไขมันร่างกายและไขมันที่บริเวณช่องท้องได้ดีที่สุด (2) ศึกษาหาค่าทำนายเส้นรอบเอวที่สามารถใช้เป็นจุดตัดในการคัดกรองเด็กที่มีภาวะโภชนาการเกิน

3.4.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา

อาสาสมัครชาย / หญิง อายุ 10-18 ปี จำนวน 509 คน กลุ่มเดียวกันกับการศึกษาข้างต้น ดังแสดงใน ผังจากข้อ 3.3.4.4 (หน้า 48)

3.4.2 การเก็บข้อมูลการศึกษา

ทำการบันทึก วัน เดือน ปีเกิด ของกลุ่มตัวอย่างลงในแบบบันทึกภาวะโภชนาการ นักเรียนแต่ละคนจะได้รับการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก beam balance (Weylux; Model 424J, Clarkton, UK) โดยมีความละเอียด 100 กรัม และวัดส่วนสูงโดยใช้ที่วัดส่วนสูง (Stadiometer, Yamakoshi Seisakusko Co Ltd., Tokyo, Japan)

ทำการวัดเส้นรอบเอว 4 ตำแหน่ง โดยนักวิจัยคนคนเดียวกันคือ

WC1 คือเส้นรอบเอวที่บริเวณจุดกึ่งกลางระหว่าง lowest rib และ iliac crest ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก⁽³²⁾

WC2 คือเส้นรอบเอวที่ตำแหน่งตรงเอวที่คอดมากที่สุด⁽³³⁾

WC3 คือเส้นรอบเอวที่วัด ณ.ตำแหน่งที่อยู่เหนือ iliac crest⁽³⁴⁾

WC4 เป็นตำแหน่งที่วัดในระดับ horizontal plane ที่ผ่านสะดือ

ทำการวัดเส้นรอบสะโพกที่ตำแหน่งที่ให้เส้นรอบสะโพกมากที่สุด โดยการวัดเส้นรอบเอวทุกตำแหน่งและสะโพก จะทำการวัดซ้ำ 2 ครั้ง และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแสดงผล ในการวัดเส้นรอบเอวและสะโพกแต่ละครั้งจะกำหนดให้มีความละเอียด 0.1 ซม.

กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการประเมินค่าร้อยละไขมันร่างกายและไขมันที่ลำตัว (Trunk fat) โดยการวัดด้วยเทคนิค whole-body dual energy X-ray absorptiometry (DEXA, GE LUNAR; Model Prodigy, software version 3.50.176, Madison, WI, USA) โดยการผ่านรังสี X-ray ปริมาณน้อยๆ (ปริมาณ 40 และ 70 keV) จากศีรษะถึงปลายเท้า ปริมาณรังสีที่ถูกดูดซับด้วยมวลของไขมันและมวลกล้ามเนื้อ จะถูกประมวลผลออกเป็นค่าปริมาณไขมันและมวลกล้ามเนื้อในร่างกาย การตรวจวัดด้วยเครื่องมือดังกล่าวให้ค่า coefficient of variation (CV) ของค่าไขมันร่างกายปริมาณร้อยละ 0.4

3.4.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ค่าดัชนีชี้วัดภาวะโภชนาการต่างๆได้แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows (version 13, SPSS Inc, Chicago) วิเคราะห์ค่าความแตกต่างของตัวแปรต่อเนื่องต่างๆระหว่างเด็กชายหญิงโดยใช้ student t-test หรือ Mann-Whitney U test เมื่อข้อมูลตัวแปรต่อเนื่องมีการกระจายที่ไม่เป็นโค้งปกติ วิเคราะห์ค่าสมการทำนายปริมาณไขมันร่างกายทั้งหมดและไขมันลำตัว จากการใช้ค่าเส้นรอบเอว ทำโดย linear regression analysis วิเคราะห์ค่าจุดตัดและความสามารถของเส้นรอบเอวในการคัดกรองเด็กวัยรุ่นที่มีภาวะโภชนาการเกินโดยใช้ receiver operating characteristic (ROC) plot โดยระบุค่าความไวและความแม่นยำของการใช้ดัชนีชี้วัดนั้นๆ

3.2.5.4 ผลการศึกษา

ได้ทำการวิเคราะห์ผลในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 509 คน เป็นชาย 238 คน หญิง 271 คน จากตารางที่ 23 ได้แสดงผลภาวะโภชนาการของกลุ่มตัวอย่างโดยแยกตามเพศ พบว่าเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยของอายุสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย แต่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวและส่วนสูงน้อยกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อคำนวณค่าดัชนีมวลกาย พบว่าทั้งสองเพศมีค่าที่ไม่แตกต่างกันและค่า WHZ-score อยู่ในเกณฑ์ปกติ ค่าไขมันผิวหนังในทุกตำแหน่งของเพศหญิงมีค่าสูงกว่าเพศชาย ปริมาณไขมันร่างกายและไขมันที่ลำตัวของเพศหญิงสูงกว่าชายอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) และเส้นรอบเอว WC1 และ WC2 มีค่าน้อยกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$)

ตารางที่ 23 Anthropometric data of Thai adolescent children, by gender

Anthropometric indices	All subjects		
	Male	Female	P-value
No. of subjects	238	271	
Age (yr)	13.3 $\pm$ 2.3	13.8 $\pm$ 2.4	0.015**
Body weight (kg)	48.2 $\pm$ 12.9	45.6 $\pm$ 10.9	0.019*
Height (cm)	154.8 $\pm$ 13.4	152.4 $\pm$ 8.6	0.021**
BMI (kg/m ²)	19.8 $\pm$ 3.7	19.5 $\pm$ 3.8	0.243
WHZ score, Thai	0.55 $\pm$ 1.56	0.18 $\pm$ 1.48	0.009**
Skinfold (mm)			
Biceps	6.5 $\pm$ 3.5	7.6 $\pm$ 3.2	0.001*
Triceps	11.6 $\pm$ 5.7	14.6 $\pm$ 5.2	0.001*
Subscapular	9.57 $\pm$ 4.1	11.2 $\pm$ 4.4	0.001*
Suprailiac	9.21 $\pm$ 5.0	11.3 $\pm$ 4.4	0.001*
Waist circumference (cm)			
-WC1	69.8 $\pm$ 10.1	67.4 $\pm$ 8.7	0.005*
-WC2	67.7 $\pm$ 9.0	64.0 $\pm$ 7.9	0.001*
-WC3	72.4 $\pm$ 9.9	72.9 $\pm$ 9.5	0.541
-WC4	70.8 $\pm$ 10.4	69.2 $\pm$ 9.2	0.076
Hip circumference (cm)	82.1 $\pm$ 9.5	83.9 $\pm$ 9.3	0.035*
% Total body fat (region)	20.4 $\pm$ 10.6	28.1 $\pm$ 8.1	0.001**
Total body fat mass (kg)	10.1 $\pm$ 6.7	13.4 $\pm$ 6.6	0.001**
% Trunk fat (region)	20.1 $\pm$ 12.1	27.4 $\pm$ 9.7	0.001**
Trunk fat mass (kg)	4.4 $\pm$ 4.4	5.8 $\pm$ 3.3	0.001**

*Significantly different between male and female, by t-test.

** Significantly different between male and female, by Mann-Whitney test.

ตารางที่ 24 และ 25 ได้แสดงผลเปรียบเทียบค่าทำนาย Trunk fat จากการใช้เส้นรอบเอวที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันซึ่งวิเคราะห์ผลโดยใช้ Simple regression พบว่า ในเพศชายค่า WC4 ทำนายค่า %trunk fat ($R^2 = 0.596$, $p < 0.001$) และ trunk fat mass (กก.) ($R^2 = 0.854$, $p < 0.001$) ได้ดีที่สุด ขณะที่ในเพศหญิง ค่า WC4 สามารถทำนายค่า %trunk fat ($R^2 = 0.732$, $p < 0.001$) และ WC3 สามารถทำนายค่า trunk fat mass (กก.) ได้ดีกว่า ($R^2 = 0.865$, $p < 0.001$)

ตารางที่ 24 Regression equation to predict percentage trunk fat* using waist circumference measured at different sites

Measurement site	WC coefficient	Constant	R ²	P-value
Male (n=238)				
WC1	0.021	-0.250	0.581	0.001
WC2	0.023	-0.315	0.534	0.001
WC3	0.021	-0.270	0.526	0.001
WC4	0.021	-0.243	0.596	0.001
Female (n=271)				
WC1	0.016	0.314	0.720	0.001
WC2	0.018	0.273	0.699	0.001
WC3	0.015	0.321	0.723	0.001
WC4	0.016	0.331	0.732	0.001

WC1= at midway between the lowest rib and the iliac crest, WC2 = at the narrowest waist, WC3 = at immediately above the iliac crest, WC4 = at the umbilicus level.

* Values as log transformed

ตารางที่ 25 Regression equation to predict trunk fat mass* (kg) using waist circumference measured at different sites

Measurement site	WC coefficient	Constant	R ²	P-value
Male (n=238)				
WC1	0.032	1.292	0.838	0.001
WC2	0.035	1.133	0.812	0.001
WC3	0.032	1.174	0.820	0.001
WC4	0.031	1.310	0.854	0.001
Female (n=271)				
WC1	0.029	1.761	0.827	0.001
WC2	0.031	1.692	0.799	0.001
WC3	0.027	1.733	0.865	0.001
WC4	0.027	1.799	0.832	0.001

WC1= at midway between the lowest rib and the iliac crest, WC2 = at the narrowest waist, WC3 = at immediately above the iliac crest, WC4 = at the umbilicus level.

*Values as log transformed

ตารางที่ 26 - 27 ได้แสดงผลเปรียบเทียบค่าเส้นรอบเอวที่ใช้ทำนายค่า total body fat ในเพศชายพบว่าค่า WC4 ทำนาย % total body fat และ total body fat mass (กก.) โดยมีค่า R²= 0.506 และ 0.826 p<0.001 ตามลำดับ ในเพศหญิงพบว่าค่า WC4 ทำนาย % total body fat ได้ดีที่สุด (R² = 0.864, p<0.001) ในขณะที่ WC3 สามารถใช้เป็นตัวแปรทำนายค่า total body fat mass ได้ดีที่สุด (R² = 0.876, p<0.001)

ตารางที่ 26 Regression equation to predict percentage total body fat* using waist circumference measured at different sites

Measurement site	WC coefficient	Constant	R ²	P-value
Male (n=238)				
WC1	0.016	0.095	0.493	0.001
WC2	0.018	0.059	0.442	0.001
WC3	0.016	0.093	0.436	0.001
WC4	0.016	0.100	0.506	0.001
Female (n=271)				
WC1	0.013	0.555	0.727	0.001
WC2	0.014	0.525	0.701	0.001
WC3	0.012	0.551	0.746	0.001
WC4	0.013	0.564	0.864	0.001

WC1= at mid between the lowest rib and the iliac crest, WC2 = at the narrowest waist, WC3 = at immediately above the iliac crest, WC4 = at the umbilicus level.

* Values as log transformed

ตารางที่ 27 Regression equation to predict total body fat mass* (kg) using waist circumference measured at different sites

Measurement site	WC coefficient	Constant	R ²	P-value
Male (n=238)				
WC1	0.026	2.065	0.810	0.001
WC2	0.029	1.943	0.775	0.001
WC3	0.027	1.972	0.787	0.001
WC4	0.026	2.079	0.826	0.001
Female (n=271)				
WC1	0.024	2.427	0.828	0.001
WC2	0.026	2.372	0.797	0.001
WC3	0.023	2.394	0.876	0.001
WC4	0.023	2.455	0.839	0.001

WC1= at midway between the lowest rib and the iliac crest, WC2 = at the narrowest waist, WC3 = at immediately above the iliac crest, WC4 = at the umbilicus level.

*Values as log transformed

ตารางที่ 28 จากการวิเคราะห์โดยใช้ Receiver Operating Characteristic Curve (ROC curve) เพื่อหาค่าประมาณของเส้นรอบเอวที่คาดว่าจะสามารถใช้เป็นค่าระบุความเสี่ยงต่อภาวะโภชนาการเกินในเด็กและวัยรุ่น ในเพศชายพบว่าเมื่อกำหนดค่า Thai WHZ score ที่มากกว่า +1.5 SD เป็นเกณฑ์ จะได้ค่าเส้นรอบเอวที่ 73.5 ซม. เป็นจุดตัด ซึ่ง ณ จุดนี้จะให้ค่าความไวที่ร้อยละ 96.8 และความจำเพาะที่ร้อยละ 85.7 ส่วนในเพศหญิง เมื่อกำหนดค่า Thai WHZ ที่มากกว่า +1.5 SD เป็นเกณฑ์ จะได้ค่าเส้นรอบเอวที่ 72.3 ซม. โดยจุดตัดนี้ให้ค่าความไวที่ร้อยละ 96.1 และความจำเพาะที่ร้อยละ 80.5 จากการวิเคราะห์เพิ่มเติมเมื่อใช้เกณฑ์ Cole's BMI พบว่าจะได้ค่าจุดตัดเส้นรอบเอวที่เพิ่มขึ้นในทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยมีความไวและความจำเพาะลดลงเล็กน้อย แต่ถ้าหากใช้เกณฑ์ไขมันร่างกายที่มากกว่าร้อยละ 25 ในชาย และมากกว่าร้อยละ 30 ในหญิงเป็นเกณฑ์ จะได้ค่าเส้นรอบเอวที่ลดลง แต่ความไวของดัชนี ณ.จุดนี้ยังคงมากกว่าร้อยละ 90 เมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์ทั้ง 3 แบบ พบว่าจุดตัดที่รอบเอวที่ได้จากเกณฑ์ไขมันร่างกายที่มากกว่า ร้อยละ 25 ในชาย และมากกว่าร้อยละ 30 ในหญิง จะให้ค่าความชุกของภาวะโภชนาการเกินของเด็ก

ร้อยละ 34.5-39.9 ในขณะที่เมื่อใช้ Thai WHZ score หรือ Cole's BMI เป็นเกณฑ์ในการกำหนดจุดตัดเส้นรอบเอว จะได้ค่าความชุกของภาวะโภชนาการเกินลดลงเหลือ ร้อยละ 18.8-26.5 และ 18.8-27.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 28 Prediction of waist circumference values using different criteria for screening of the overweight and obese children and adolescents.

	AUC ^a (95% CI)	Cut-off ^b WC (cm)	Sensitivity ^c (%)	Specificity ^d (%)	PPV ^e (%)	NPV ^f (%)	% Prevalence
Male							
Thai WHZ ($>+1.5$ SD)	0.971 (0.953-0.989)	73.5	96.8	85.7	70.9	98.6	26.5
Cole's BMI (BMI ≥ 25 kg/m ²)	0.963 (0.943-0.984)	75.2	93.8	88.4	75.3	97.4	27.3
%Total body fat (Williams,1992; > 25% for male, >30% for female)	0.920 (0.887-0.953)	71.4	90.2	80.8	66.2	84.6	34.5
Female							
Thai WHZ ($>+1.5$ SD)	0.969 (0.944-0.993)	72.3	96.1	80.5	53.2	80.4	18.8
Cole's BMI (BMI ≥ 25 kg/m ²)	0.954 (0.926-0.983)	73.8	94.1	85.0	59.2	98.4	18.8
% Total body fat (Williams,1992; > 25% for male, >30% for female)	0.956 (0.934-0.978)	70.6	91.7	89.6	34.2	35.0	39.9

^a AUC: Area under the curve indicate the probability that a person with adverse health consequences has a higher value of the WC measurement than person without adverse health consequences; 95% confidence intervals were given within parentheses.

^b Cut-off producing equal values of sensitivity and specificity. ^c Sensitivity=true positive rate ^d Specificity= 1- false positive rate

^e Positive predictive value (PPV) = Posttest likelihood of positive results ^f Negative predictive value = Posttest likelihood of negative results.

ได้มีการศึกษาวิจัยต่างๆที่ระบุว่า เส้นรอบเอวใช้เป็นดัชนีชี้วัดภาวะสุขภาพเด็กได้ โดยพบว่า เส้นรอบเอวที่มากขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง ภาวะดื้อต่ออินซูลิน และภาวะไขมันในเลือดสูง⁽³⁵⁻³⁸⁾ Higgin และคณะ⁽³⁹⁾ รายงานว่าเด็กก่อนวัยรุ่นชาวอเมริกันที่มีเส้นรอบเอวที่เท่ากับหรือมากกว่า 71 ซม. พบว่าจะมีปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจมากกว่าเด็กที่มีน้ำหนักปกติถึง 14 เท่า ในขณะที่ Asayama และคณะ⁽⁴⁰⁾ ซึ่งศึกษาในเด็กหญิงชาวญี่ปุ่น อายุ 9-15 ปี จำนวน 124 คน พบว่าเส้นรอบเอวมากกว่า 77 ซม. มีความสัมพันธ์กับความผิดปกติของระดับไขมันและอินซูลินในเลือด

3.4.5 สรุปการวัดเส้นรอบเอวที่สัมพันธ์กับปริมาณไขมันร่างกาย

จากการศึกษาพบว่าเส้นรอบเอวที่วัดบริเวณลำตัว ทั้ง 4 ตำแหน่ง สามารถทำนายปริมาณไขมันร่างกายและไขมันช่องท้องได้ดี และการวัดเส้นรอบเอวที่ตำแหน่งที่ผ่านสะดือ สามารถทำได้ง่ายและทำได้ด้วยตนเอง ซึ่งน่าจะใช้เป็นดัชนีชี้วัดและคัดกรองภาวะโภชนาการเกิน และอ้วนในเด็กไทยได้ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อ เป็นการ verify ระหว่างค่าเส้นรอบเอวที่กำหนดไว้เป็นจุดตัด กับค่าทางชีวเคมีต่างๆ เช่น ระดับน้ำตาลหรือระดับไขมันในเลือดที่ผิดปกติของเด็กกลุ่มเสี่ยง เพื่อให้สามารถใช้ดัชนีเส้นรอบเอว เป็นเครื่องมือในการคัดกรองเด็กที่มีภาวะโภชนาการเกินและอ้วนได้

ช่วงที่ 3

การศึกษาเพื่อการเลือกเกณฑ์ตัดสินสำหรับมาตรฐานดัชนีมวลกายตามอายุของเด็กไทยที่เหมาะสม โดยอิงเกณฑ์ปริมาณไขมันร่างกาย

3.5 การพัฒนาสมการความสัมพันธ์ของปริมาณไขมันร่างกาย กับค่าดัชนีมวลกายตามอายุสำหรับเด็กไทย

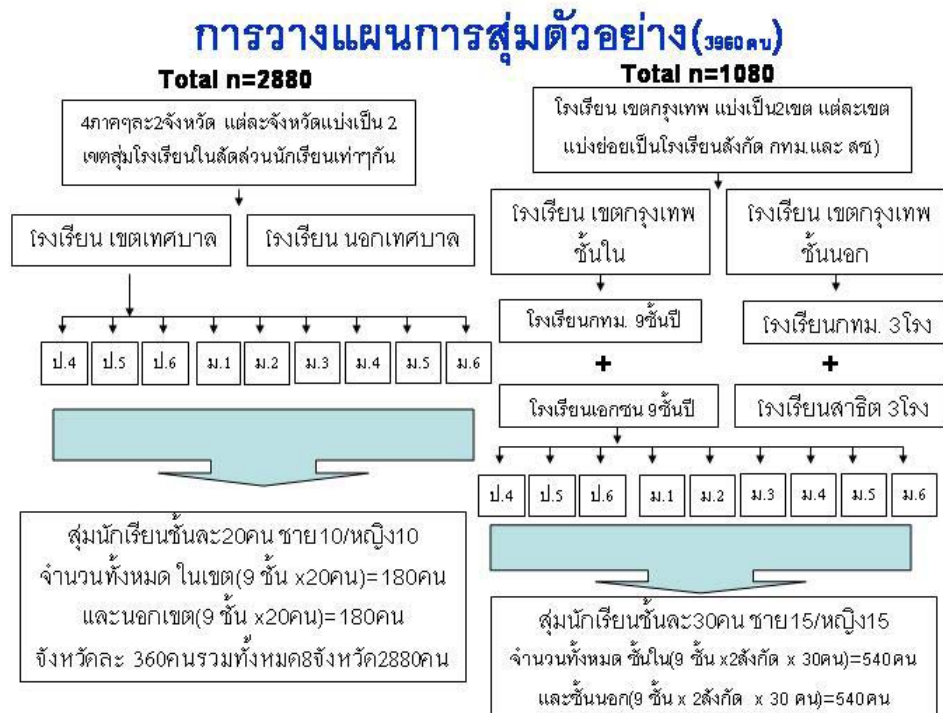
เก็บข้อมูลโดยการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดปริมาณไขมันร่างกายโดยใช้วิธี BIA โดยใช้เครื่อง OMRON HBF-300 และเครื่อง TANITA-532 จากนั้นครึ่งหนึ่งของเด็กทั้งหมดจะถูกวัดไขมันใต้ผิวหนัง และเส้นรอบวงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ต้นแขน น่อง เอว สะโพก เจาะจงคัดเลือกนักเรียนเพื่อให้มีการกระจายตัวของภาวะโภชนาการ ในกลุ่มที่คัดโดยดูจาก weight for height (under : normal : over nutrition ในสัดส่วน 2 : 6 : 2) นอกจากนี้เด็กทุกคนยังได้ทำแบบสอบถามที่พัฒนาจากช่วงที่ 2 เพื่อบอกถึงกิจกรรมที่ทำในรอบ 1 สัปดาห์ที่ผ่านมา

3.5.1 กลุ่มตัวอย่างการศึกษา

ทำการสุ่มสำรวจเด็กนักเรียนอายุ 10 – 18 ปี โดยใช้วิธี Stratified random sampling ของโรงเรียนทั่วประเทศ (ภาคผนวก คม) จาก 4 ภาค ภาคละ 2 จังหวัด 4000 คน โดยเผื่อที่บางคนมีน้ำหนักมากเกินเกณฑ์หรือน้อยเกินเกณฑ์ซึ่งอาจไม่เหมาะกับการทำ BMI for age) หลังจากได้รับความร่วมมือจากทางโรงเรียน ติดต่อให้คุณครูสุ่มเด็กแต่ละชั้นเรียนของห้องที่ถูกสุ่มเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยแต่ละระดับชั้นจะมี 25 – 30 คน โดยมีชายหญิงพอๆ กัน

การเลือกโรงเรียนแบ่งเป็นการเลือกในเขตและนอกเขตสุขภาพิบาลของแต่ละจังหวัด จำนวน 720 คน/ภาค และจาก กทม. 1,080 คน (เนื่องจาก กทม. มักจะเจอเด็กช้วนมากกว่าเด็กต่างจังหวัด จึงเก็บเพิ่มจากจำนวนเดิม) ดังแผนภูมิที่ 1

แผนภูมิที่ 1 การวางแผนกลุ่มตัวอย่าง

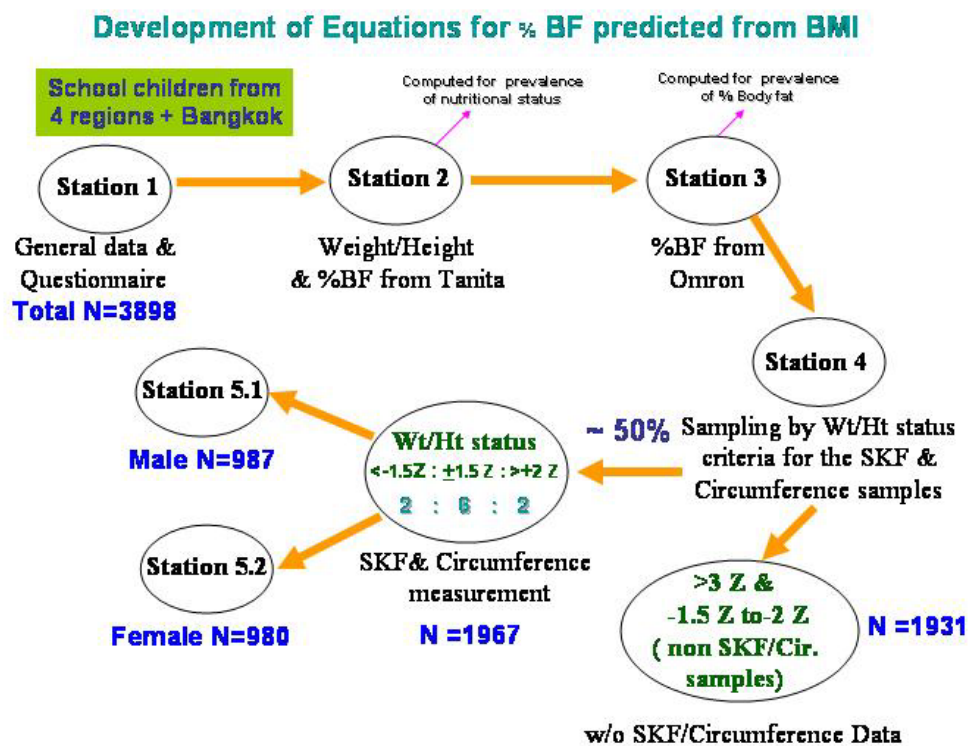


3.5.2 ผลการศึกษา

3.5.2.1 กลุ่มตัวอย่าง

จังหวัดที่ถูกสุ่มเลือกจาก 4 ภาค ได้แก่ภาคเหนือ(ตากและพะเยา) ภาคใต้(สุราษฎร์ธานีและสงขลา) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ(ขอนแก่นและอุบลราชธานี) ภาคกลาง(สุพรรณบุรีและฉะเชิงเทรา) และกรุงเทพมหานคร รวม 51 โรงเรียน (ภาคผนวก ฅ) เป็นชายหญิงจำนวน 3,898 คน ในช่วงอายุ 10 – 18 ปี ดังแผนภูมิที่ 2

แผนภูมิที่ 2. Development of Equations for %BF predicted from BMI



ตารางที่ 29 แสดงถึงการกระจายตัวของเด็กในแต่ละภาคโดยแยกตามกลุ่มอายุและเพศ และแยกตามกลุ่มอายุของเด็กทั้งหมด ตารางที่ 30 แสดงถึงการกระจายตัวของข้อมูลตามอายุต่างๆ และตารางที่ 31 แสดงถึงจำนวนเด็กที่วัด SKF และ BIA

ตารางที่ 32 แสดงข้อมูลอาสาสมัครชายหญิงประกอบด้วย น้ำหนัก ส่วนสูง BMI Thai_WHZ score ไขมันใต้ผิวหนังบริเวณ triceps subscapular calf และเส้นรอบเอวบริเวณที่ผ่านสะดือ (W4) นอกจากนี้มีการหาค่า % BF_Omron, % BF_Tanita และ % BF_Eq3 ที่พัฒนาจากช่วงการศึกษาที่ 2 อย่างไรก็ดีเนื่องจากการวัด Omron และ Tanita เป็นการวัดจากอาสาสมัครชายหญิงทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลทั่วประเทศ จึงทำการประเมินไขมันโดยหาความสัมพันธ์ของการอ่านค่าจาก Omron เทียบกับ DEXA ในกลุ่มอาสาสมัครชายหญิง ในการ Validate ข้อมูลจากช่วงที่ 2 จากนั้นประเมินค่าไขมันของอาสาสมัครชายหญิงทั่วประเทศจากค่า Omron ที่ถูกปรับแล้ว ให้อ่านเสมือนเป็นการอ่านค่าจาก DEXA ดังแสดงในตารางที่ 32 (% BF_Omron transformed DEXA) ซึ่งการคำนวณที่ได้ใน 2 กลุ่ม คือ การวัด % BF_Eq3 ที่ validate แล้ว และจาก % BF จากการอ่านค่า Omron ที่ปรับเทียบกับ DEXA

ตารางที่ 29 Number of total subjects from inside and outside municipal area
(n=3,898)

Zone	Province	male				female			
		Municipal area				Municipal area			
		in		out		in		out	
		n	Percent	n	Percent	n	Percent	n	Percent
North	Tak	87	49.7	90	50.0	88	50.3	90	50.0
	Phayao	89	51.1	98	51.0	85	48.9	94	49.0
South	Surattanee	95	51.1	93	50.8	91	48.9	90	49.2
	Songkhla	82	46.6	89	49.4	94	53.4	91	50.6
North									
east	Khonkaen	79	46.7	96	49.2	90	53.3	99	50.8
	Ubon	91	49.7	90	50.0	92	50.3	90	50.0
Central	Suphanburi	91	50.6	90	49.5	89	49.4	92	50.5
	Chachoengsao	87	48.6	90	50.0	92	51.4	90	50.0
BMA		125	49.4	113	48.1	128	50.6	122	51.9
		132	49.4	120	48.2	135	50.6	129	51.8

ตารางที่ 30 Number of subjects stratified by age and sex

Zone	yr	male		female	
		n	Percent	n	Percent
North	<10	3	100.0		
	10	21	42.9	28	57.1
	11	22	46.8	25	53.2
	12	27	55.1	22	44.9
	13	26	48.1	28	51.9
	14	21	51.2	20	48.8
	15	24	51.1	23	48.9
	16	25	54.3	21	45.7
	17	18	47.4	20	52.6
	18	26	54.2	22	45.8
South	<10			1	100.0
	10	17	53.1	15	46.9
	11	20	48.8	21	51.2
	12	14	45.2	17	54.8
	13	14	48.3	15	51.7
	14	18	56.3	14	43.8
	15	15	46.9	17	53.1
	16	17	54.8	14	45.2
	17	15	44.1	19	55.9
	18	15	55.6	12	44.4
North east	<10	1	33.3	2	66.7
	10	23	53.5	20	46.5
	11	21	48.8	22	51.2
	12	21	51.2	20	48.8
	13	17	40.5	25	59.5
	14	21	60.0	14	40.0
	15	21	47.7	23	52.3
	16	16	44.4	20	55.6
	17	23	57.5	17	42.5
	18	18	50.0	18	50.0
Central	<10	8	42.1	11	57.9
	10	35	53.0	31	47.0
	11	29	48.3	31	51.7
	12	29	42.0	40	58.0
	13	37	56.1	29	43.9
	14	28	50.0	28	50.0
	15	28	46.7	32	53.3
	16	36	50.0	36	50.0
	17	27	48.2	29	51.8
	18	19	63.3	11	36.7
	> 18			1	100.0
BMA	<10	1	100.0		
	10	17	41.5	24	58.5
	11	18	48.6	19	51.4
	12	23	54.8	19	45.2
	13	22	51.2	21	48.8
	14	15	46.9	17	53.1
	15	22	62.9	13	37.1
	16	16	44.4	20	55.6
	17	18	56.3	14	43.8
	18	19	50.0	19	50.0

ตารางที่ 31 Number of subjects with SKF and BIA information (n=1,967)

Zone	Province	male				female			
		Municipal area				Municipal area			
		in		out		in		out	
		n	Percent	n	Percent	n	Percent	n	Percent
North	Tak	46	51.7	45	50.0	43	48.3	45	50.0
	Phayao	60	49.2	62	51.2	62	50.8	59	48.8
South	Surattanee	46	51.1	45	49.5	44	48.9	46	50.5
	Songkhla	25	47.2	29	51.8	28	52.8	27	48.2
North									
east	Khonkaen	43	48.9	47	50.5	45	51.1	46	49.5
	Ubon	47	51.1	45	50.0	45	48.9	45	50.0
Central	Suphanburi	77	49.4	45	50.6	79	50.6	44	49.4
	Chachoengsao	74	47.7	80	51.6	81	52.3	75	48.4
BMA		45	51.1	40	49.4	43	48.9	41	50.6
		43	52.4	43	50.0	39	47.6	43	50.0

ตารางที่ 32 Descriptive characteristics of subjects aged 10-18 yrs

	male						female					
	N	Mean	S.D.	Median	Minimum	Maximum	N	Mean	S.D.	Median	Minimum	Maximum
Weight (kg)	987	47.40	12.75	48.10	19.30	87.00	980	44.70	10.17	44.85	19.00	72.00
Height (cm)	987	156.65	13.84	160.20	123.90	184.00	980	151.74	8.83	153.60	115.50	170.00
BMI (kg/cm ²)	987	18.98	3.20	18.57	12.45	29.38	980	19.24	3.38	18.78	12.45	31.20
Thai WHZ score	985	0.13	1.41	0.04	-2.78	4.90	980	0.14	1.32	0.11	-2.69	4.45
%BF_EQ.3	987	17.51	11.08	13.24	5.23	69.00	980	28.80	8.73	27.75	11.36	56.12
%BF_ Tanita	986	13.49	7.31	11.60	5.00	38.50	980	23.43	7.21	23.15	7.30	45.70
%BF_Omron	975	18.74	6.37	17.70	5.20	37.00	966	22.87	6.58	23.00	5.00	39.20
Transformed from DEXA (n=506)	975	16.90	8.80	15.47	-1.81	42.14	966	27.29	7.00	27.43	8.27	44.66
triceps	987	9.76	5.05	7.95	3.30	30.30	980	14.34	5.10	13.65	3.65	32.05
subscapula	725	8.77	4.49	7.25	3.20	28.20	713	12.62	6.72	10.50	4.10	37.25
calf	987	8.47	4.41	6.95	3.00	27.75	980	13.84	5.48	12.78	3.90	34.70
mid arm	987	23.55	3.60	23.85	15.30	33.60	980	23.07	3.39	23.00	15.00	32.80
calf	987	32.89	4.02	33.10	22.00	44.50	980	32.12	3.61	32.20	22.70	43.40
WC4:measured through umbilicus	987	68.90	8.87	68.00	48.55	96.00	980	67.62	8.31	66.90	48.35	94.00
hip	982	82.48	9.17	83.65	58.25	108.50	980	84.63	8.97	85.55	56.60	110.70

3.5.2.2 ผลการพัฒนาสมการทำนายปริมาณไขมันร่างกายด้วยค่าดัชนีมวลกายตามอายุ

จากการ Validate ค่า %BF ของเครื่อง DEXA จาก รพ. รามาธิบดี ของกลุ่มตัวอย่าง อายุ 16-19 ปี (Post puberty) %BF จากเครื่อง DEXA ให้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับ %BF ของ 4C ในเพศชาย แต่ต่างประมาณ 7% ในเพศหญิงและการสร้าง %BF Equation 4 สมการที่มีค่า R^2 และ SEE ดี แต่จากผลการ Validate %BF ของ DEXA กับ 4C ในเพศหญิงที่มีค่าสูงกว่ากันมากดังกล่าว ค่า %BF ที่ได้จาก Equation เพศหญิง จึงน่าจะมีสูงกว่าความเป็นจริงด้วย

Eq3 ในเพศชายแม้ว่าค่าเฉลี่ยในกลุ่มอายุ 16 – 18 ปี จะไม่แตกต่างจาก 4C และค่า correlation coefficient จะสูง แต่เมื่อดูจาก scatter plot ระหว่าง % BF_DEXA และ % BF_Eq3 จะเห็นว่าไม่ใช่เป็น linear regression line เสียทีเดียว ดังแสดงในรูปที่ 40 ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่เพศชายมีการเปลี่ยนแปลง body composition ในแต่ละช่วงวัยอย่างชัดเจนโดยมีสัดส่วนของไขมันที่ลดลง ขณะที่กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในช่วง pre-puberty, puberty และ post-puberty ทำให้ Equation ที่เหมาะสมนั้นควรแยกเป็นแต่ละช่วงวัยมากกว่าการใช้ Equation ช่วงอายุ 10 – 18 ปี เป็น Equation เดียว แม้ว่าข้อมูลในภาพรวมของกลุ่มประชากรจะพอใช้ได้ แต่ความถูกต้องของค่า % BF รายบุคคลจะคลาดเคลื่อนได้มาก

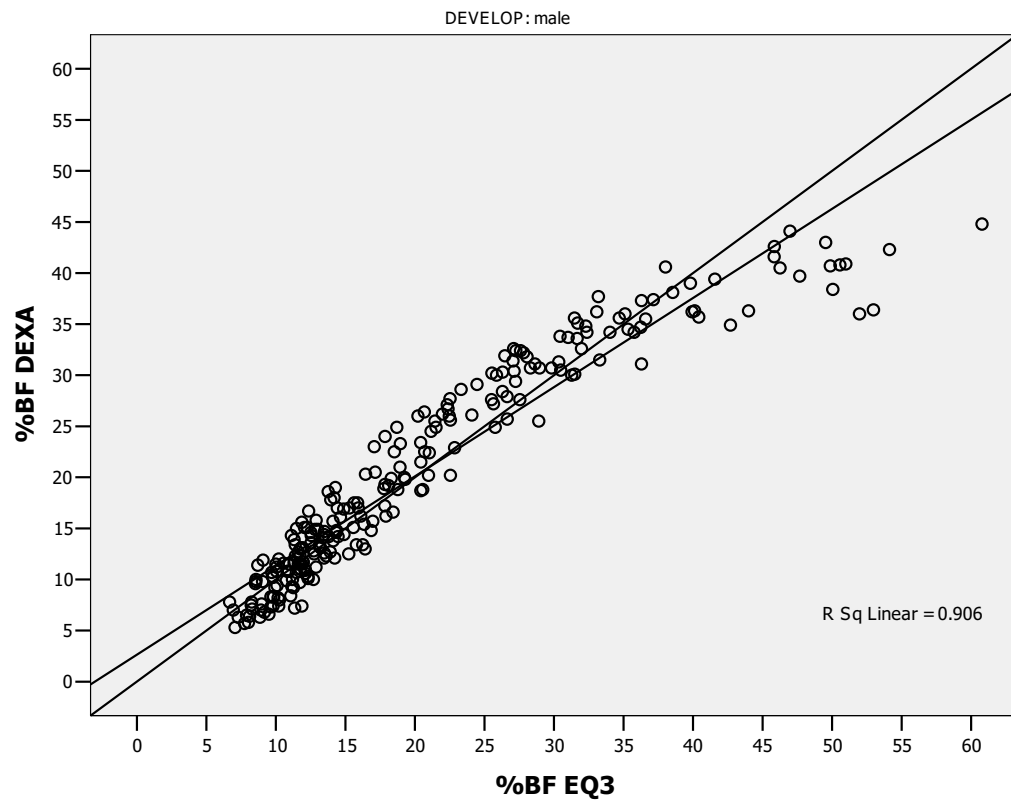
การสร้าง Equation แยกตาม puberty ระยะต่างๆ รายช่วงอายุต้องเริ่มขั้นตอนต่างๆ ใหม่หมด ซึ่งต้องใช้เวลาอย่างมาก ดังนั้น ทำการทดสอบปรับค่าขึ้นต้นโดยสังเกตจากการที่ค่าความสัมพันธ์ของ % BF_DEXA และ % BF_Eq3 ของเพศชายที่มีลักษณะโค้งเล็กน้อยดังกล่าว หรืออีกนัยหนึ่งคล้ายเส้นตรง 2 เส้นที่หักมุมกันประมาณช่วง % BF ที่ 25 เมื่อแบ่งข้อมูลเป็น 2 ช่วงที่ < 25 และ ≥ 25 ของค่า %BF จะได้ correlation ที่เป็น linear regression line 2 เส้น เมื่อใช้สมการของ 2 เส้นนี้ adjust %BF_Eq3 เป็น %BF Eq3_DEXA ซึ่งพบว่าข้อมูลปรับตัวเป็นแนวตรงดังรูปที่ 41 ส่วน Eq3 และ Eq3_DEXA ในเพศหญิงจะใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 42 ถึง 43 จึงไม่จำเป็นต้องปรับด้วยวิธีนี้ได้ ผลการทดลอง Limits of agreement แสดงในรูปที่ 44 ถึง 47

จากข้อสังเกตในข้างต้นและผลการทดสอบการปรับค่าดังกล่าว เมื่อเพิ่มการตรวจสอบความเชื่อถือได้ในการทำนายค่าไขมันระดับรายบุคคล โดยการพิจารณาค่า Percentile Distribution ร่วมด้วย นำไปสู่การพัฒนาสมการที่ดีขึ้น ซึ่งแสดงรายละเอียดในหน้า 63-72

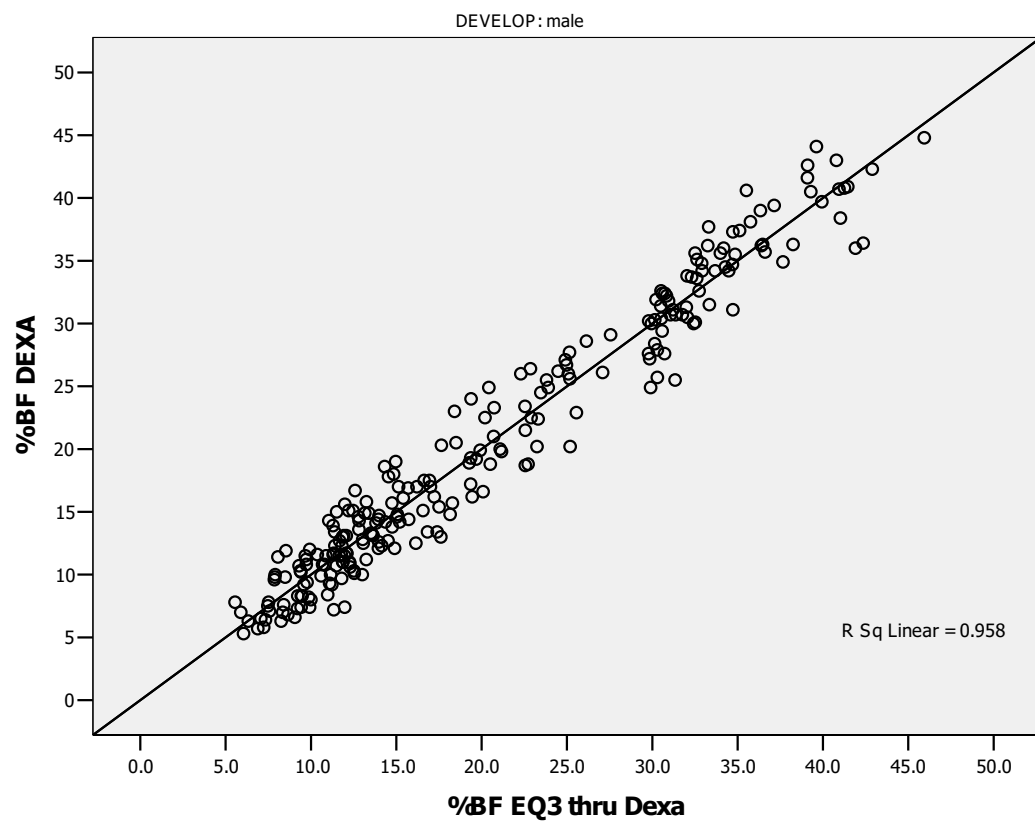
เมื่อนำสมการที่ปรับปรุงใหม่ไปพัฒนา Equation ทำนาย %BF จาก BMI ในขั้นตอนที่ VI ของ conceptual framework จะได้ค่า %BF ของ BMI ที่ P_{50} ของ Reference Thai 1997 ที่อายุ 18 ปี อยู่ในระดับประมาณ 30% ดังแสดงในตารางที่ 40 ซึ่งเป็นเครื่องช่วยยืนยันว่า %BF ที่ได้จาก Eq 3 ของเพศหญิงสูงเกินจริง ความคลาดเคลื่อนนี้น่าจะเกิดจากค่า %BF ของเครื่อง DEXA ซึ่งยังไม่สามารถ

ระบุสาเหตุ แต่มีรายงานจากการศึกษาอื่นที่ใช้เครื่อง DEXA บริษัทเดียวกันนี้ พบว่ามี %BF สูงเกินกว่าค่า 4C ค่อนข้างมาก ในเพศหญิงเช่นเดียวกัน (46)

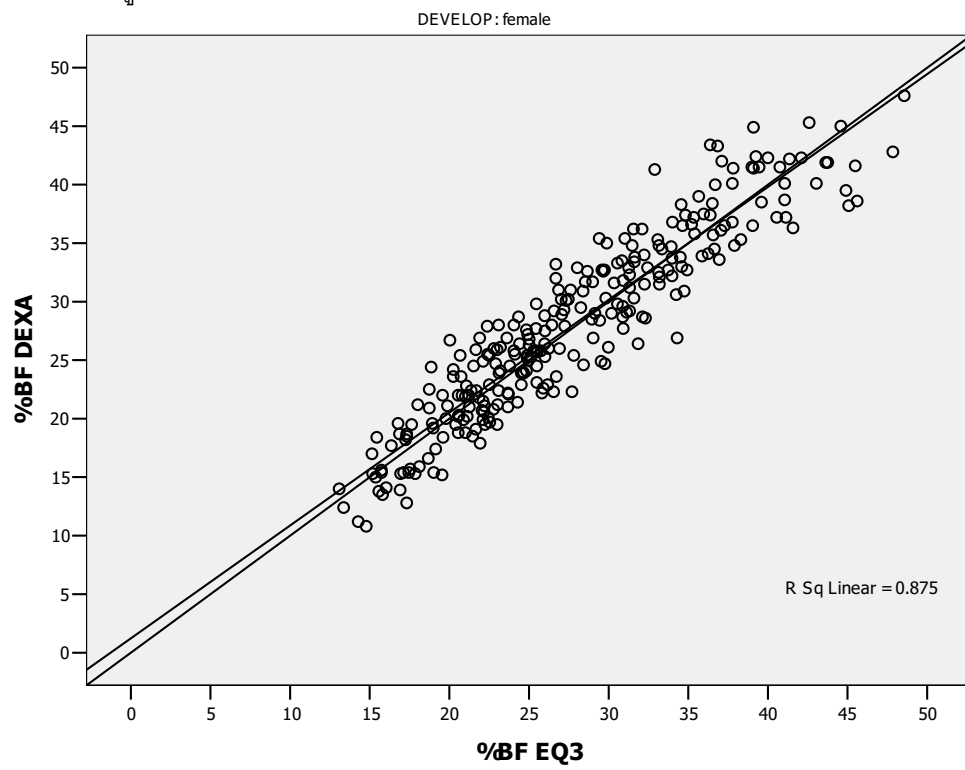
รูปที่ 40



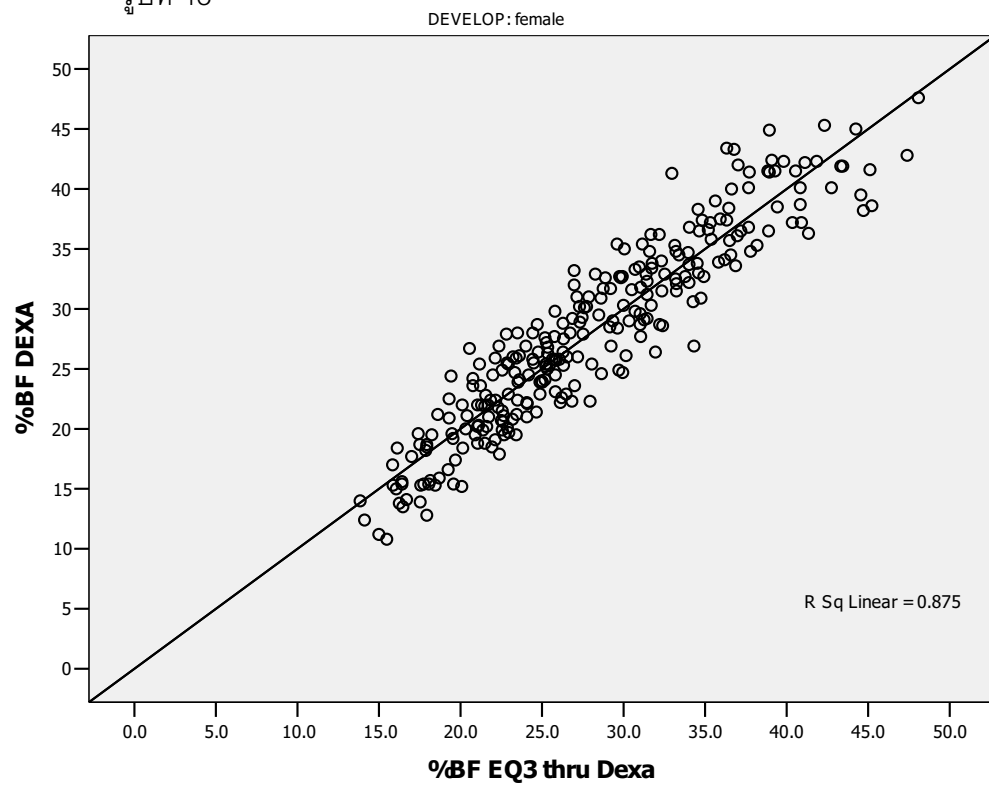
รูปที่ 41

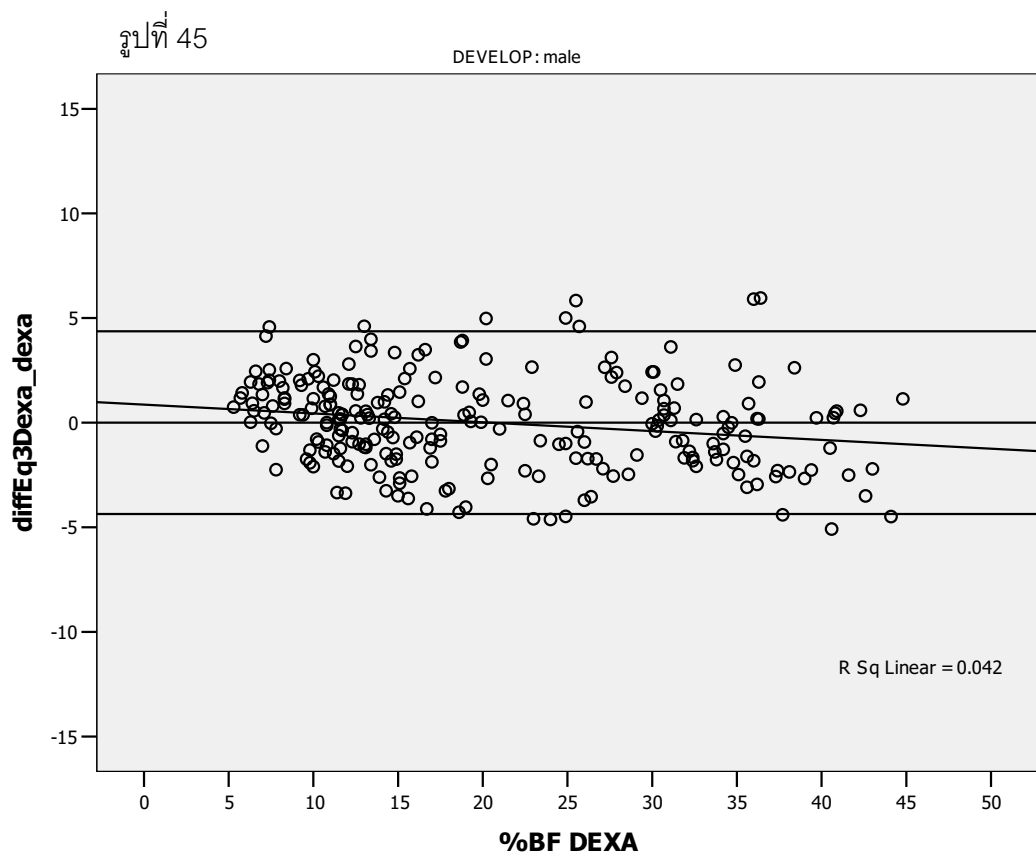
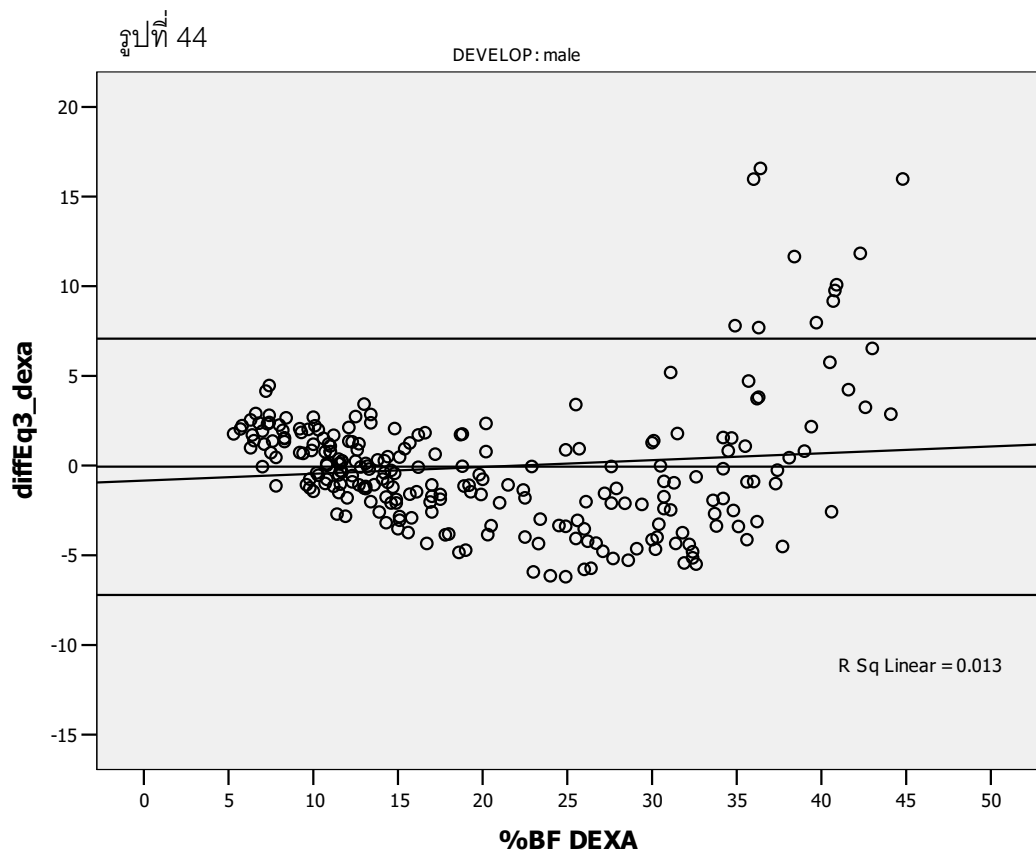


รูปที่ 42

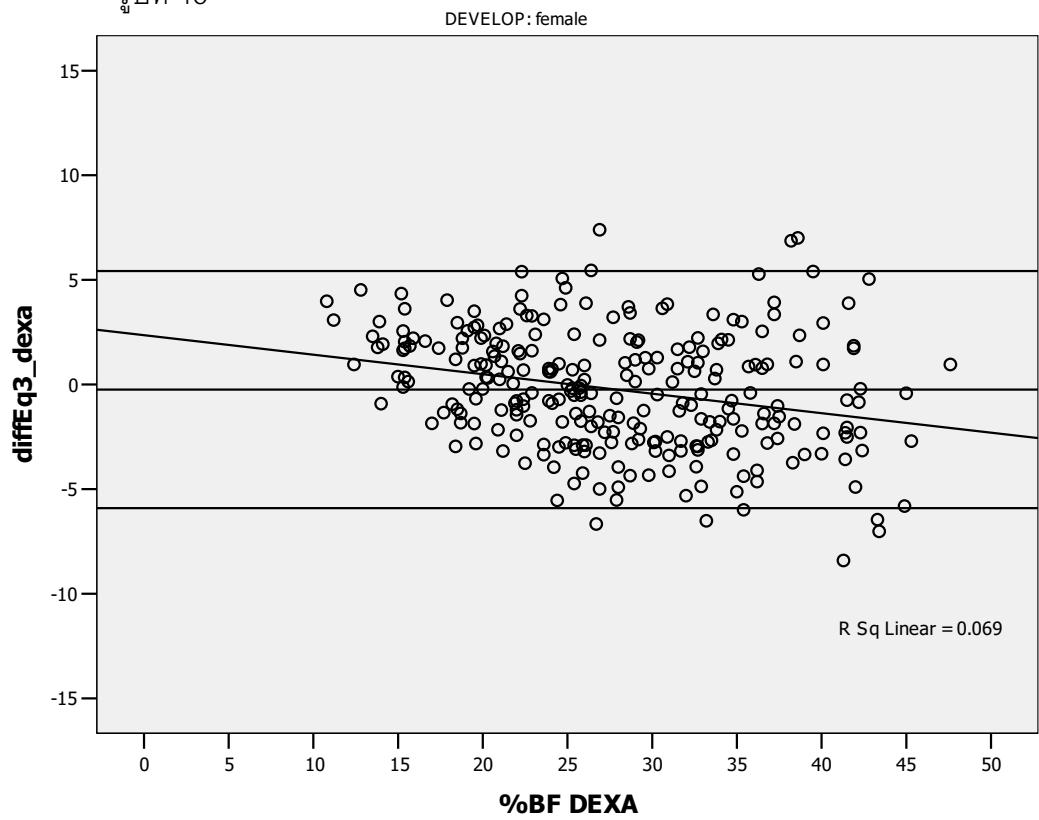


รูปที่ 43

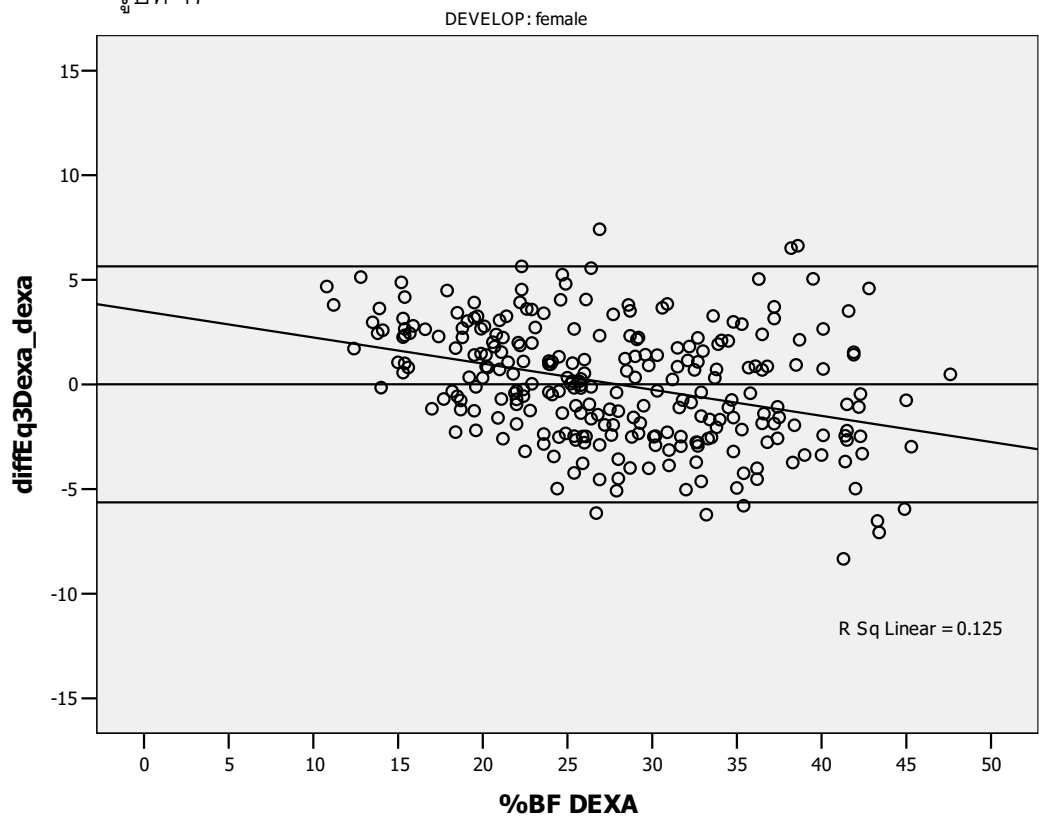




รูปที่ 46

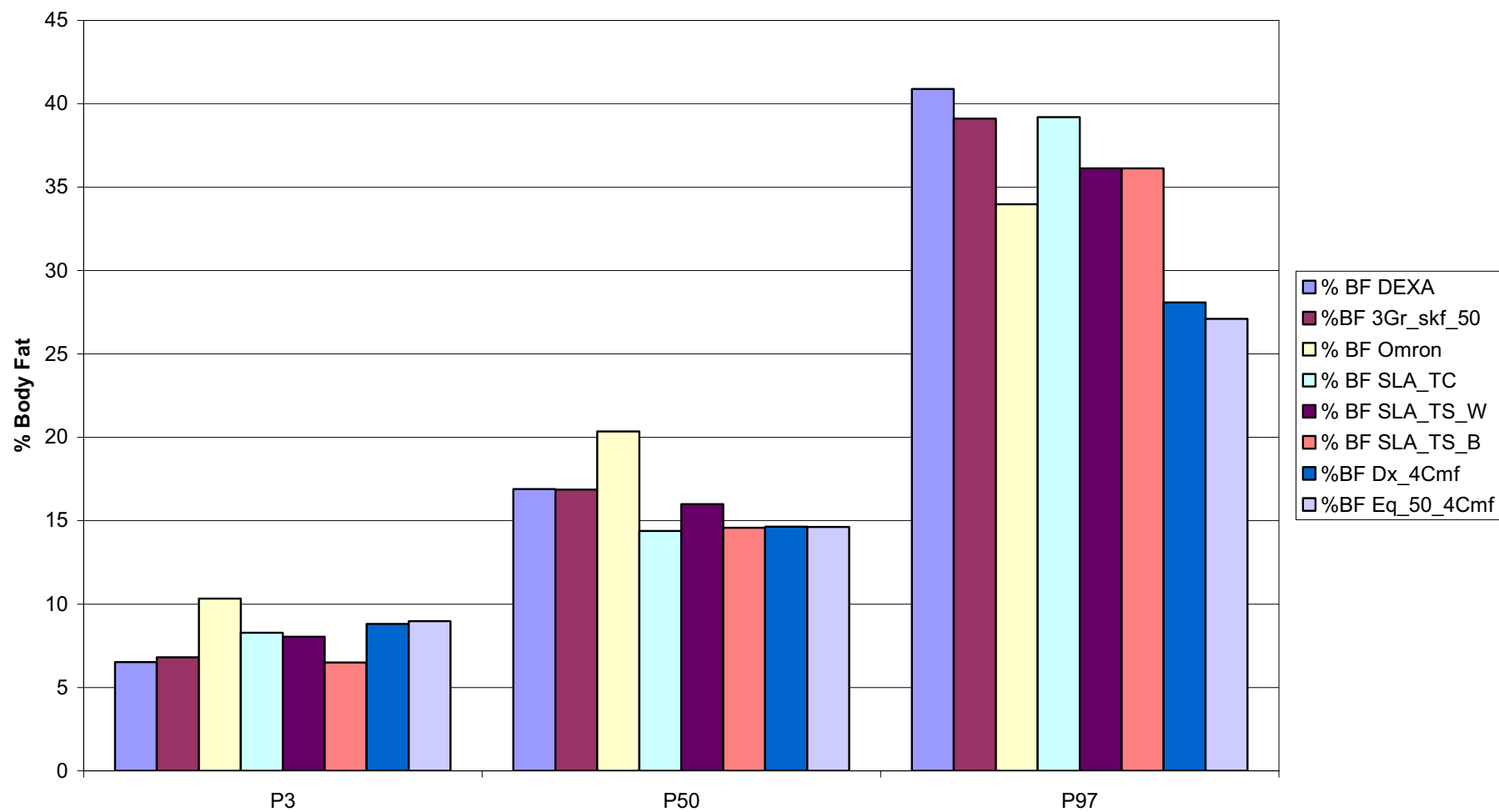


รูปที่ 47

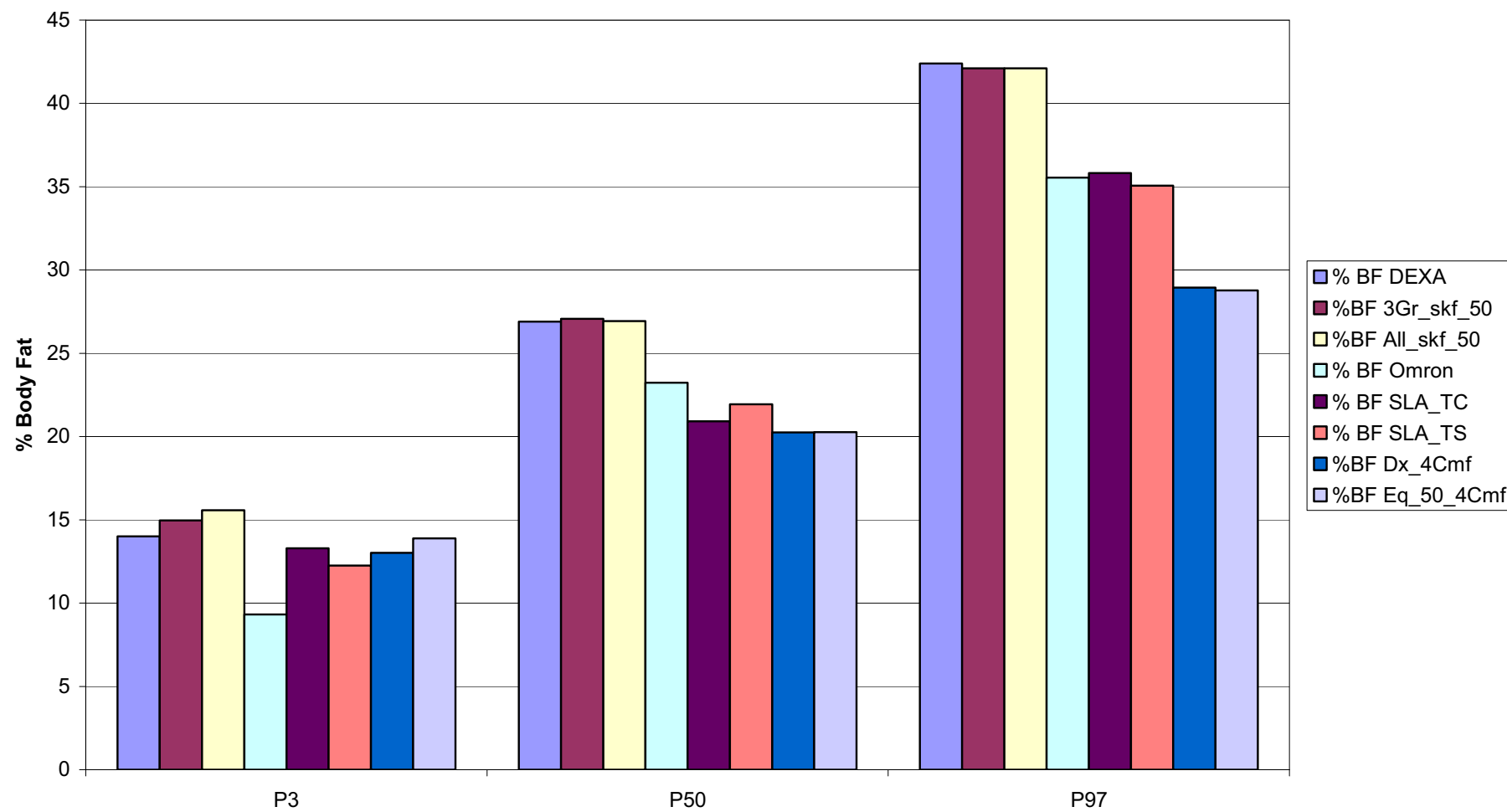


จากสมมุติฐานที่ว่า ความคลาดเคลื่อนของค่าไขมันของ DEXA มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันที่คิดว่าเป็นตัวอ้างอิงจาก 4C และอาจปรับแก้ลดความคลาดเคลื่อนด้วยสมการในหน้า 45 เมื่อนำสมมุติฐานนี้ไปทดสอบจัดปรับค่า % Body fat จาก Eq_skf50 ของเพศหญิงพบว่า มีค่าเฉลี่ยลดลงใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคนปกติเพศหญิงที่ได้จาก 4C Percentile distribution ของข้อมูลชุดกลุ่มตัวอย่างพัฒนาสูตรทำนาย %BF แสดงในรูปที่ 48 และ 49 และชุดกลุ่มตัวอย่างสำรวจทั่วประเทศ แสดงในรูปที่ 50 ถึง 53 (ข้อมูลค่า percentile ของรูปที่ 52 และ 53 แสดงในภาคผนวก บ) จากตารางที่ 33 เมื่อพิจารณาข้อมูลระดับ % body fat ในกลุ่มตัวอย่างที่คนส่วนใหญ่ยอมรับว่าน่าจะมีภาวะน้ำหนักเกินในกลุ่มคนไทย (BMI>23) ซึ่งในข้อมูลชุดสำรวจพบว่ามีเพศชาย 108 คน และเพศหญิง 136 คนที่มีค่าเฉลี่ย BMI อยู่ในช่วงประมาณ 24 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของระดับ % body fat จากสมการที่พัฒนาขึ้นจากค่า DEXA ที่ยังไม่มีการ Adjust (Eq skf 50_3 age-gr และ Eq skf 50_all age-gr) จะมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจากสมการหรือเครื่องมือประเมินระดับไขมันในร่างกายอื่นๆ และมีระดับสูงมากถึงประมาณ 30 และ 40 % body fat ในชายและในหญิงตามลำดับ เมื่อทดลองทำการปรับค่าด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่าง % body fat จาก 4C และ DEXA แล้วจะมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการอื่นๆ โดยมีค่าใกล้เคียงกับสมการของ Slaughter (SLA_TC) มากที่สุด จึงสรุปว่าแม้จะสามารถพัฒนาสมการที่ทำนายค่าได้ใกล้เคียงกับการวัดด้วยเครื่อง DEXA ก็ตาม แต่เนื่องจากมี Systemic error จาก DEXA ค่าที่ทำนายได้จึงยังอาจไม่ใช่ค่า % body fat ที่ถูกต้อง

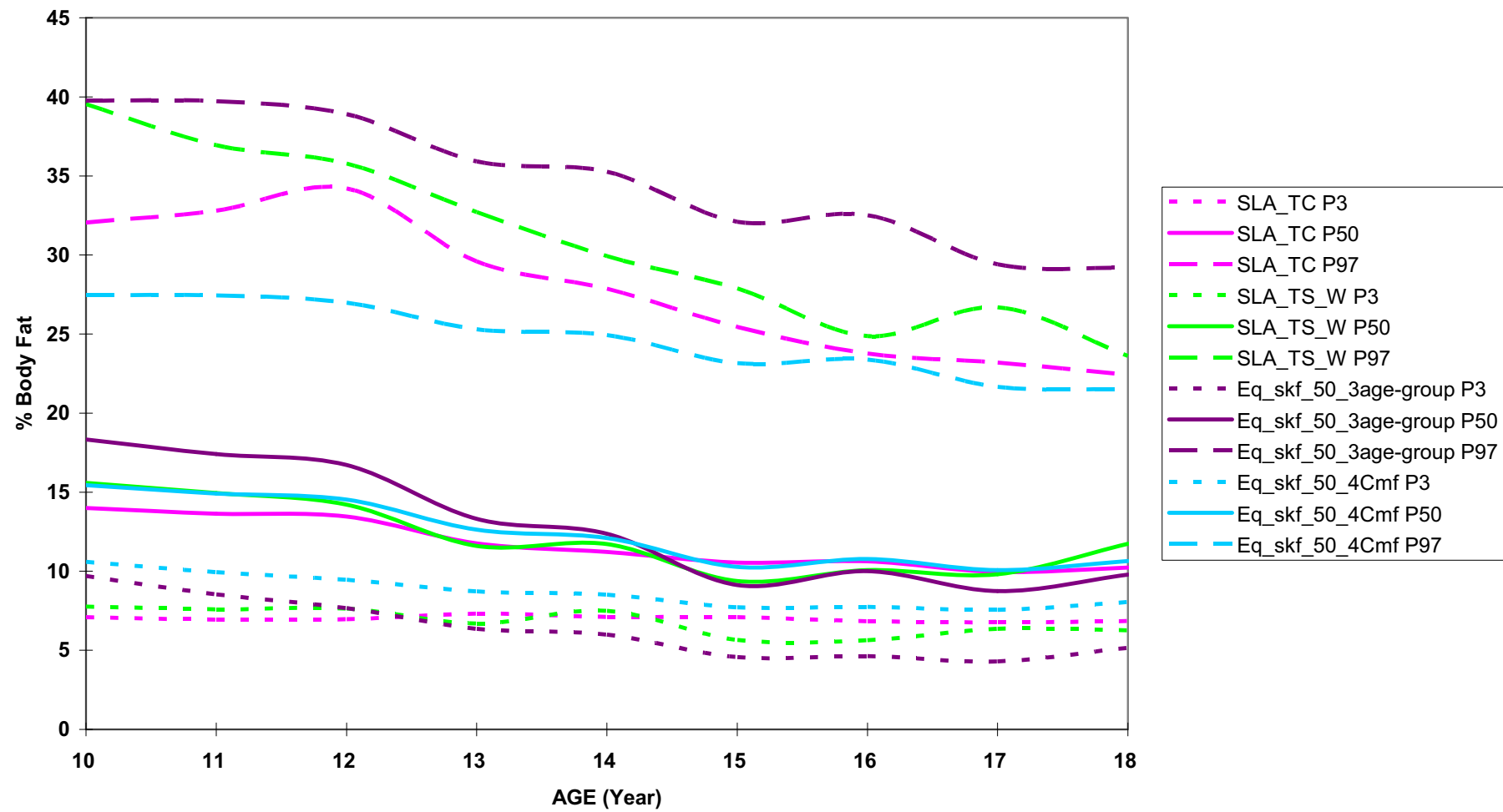
รูปที่ 48 Comparison of % Body Fat from various equations of 10-18 yr in 241 Male subjects



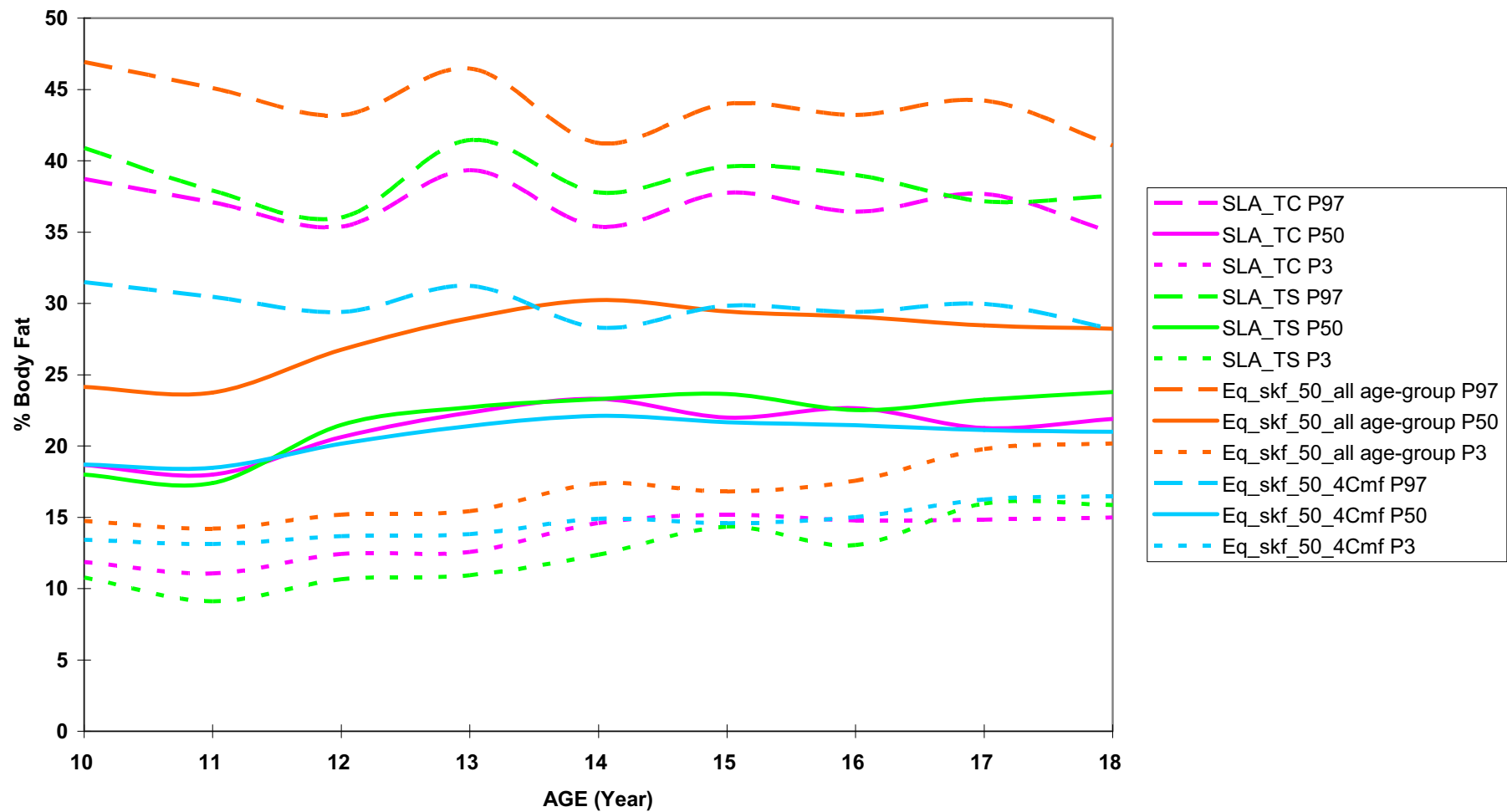
รูปที่ 49 Comparison of % Body Fat from various equations of 10-18 yr in 268 female subjects



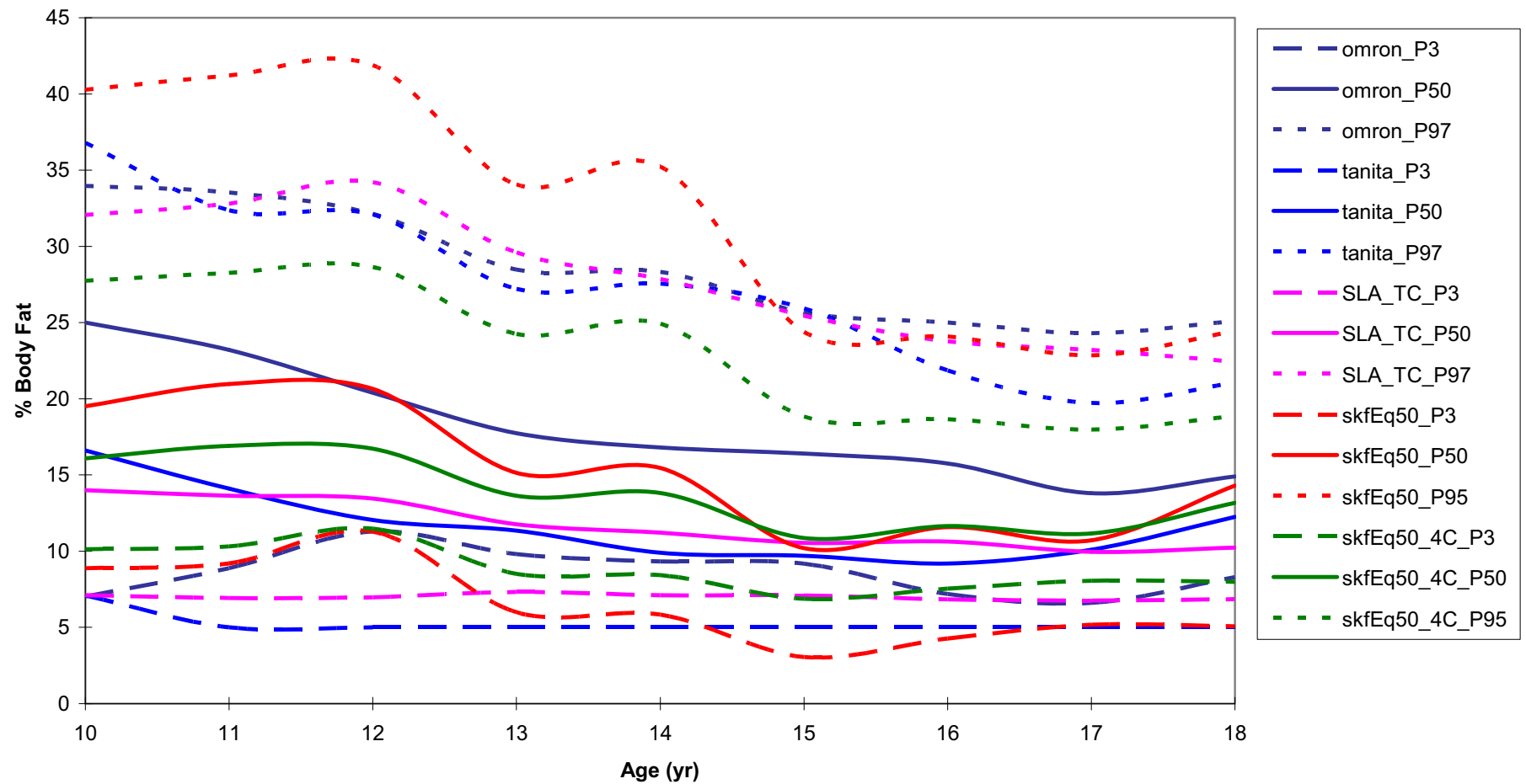
รูปที่ 50 Comparison between % Body Fat from various equations in 725 male surveyed group



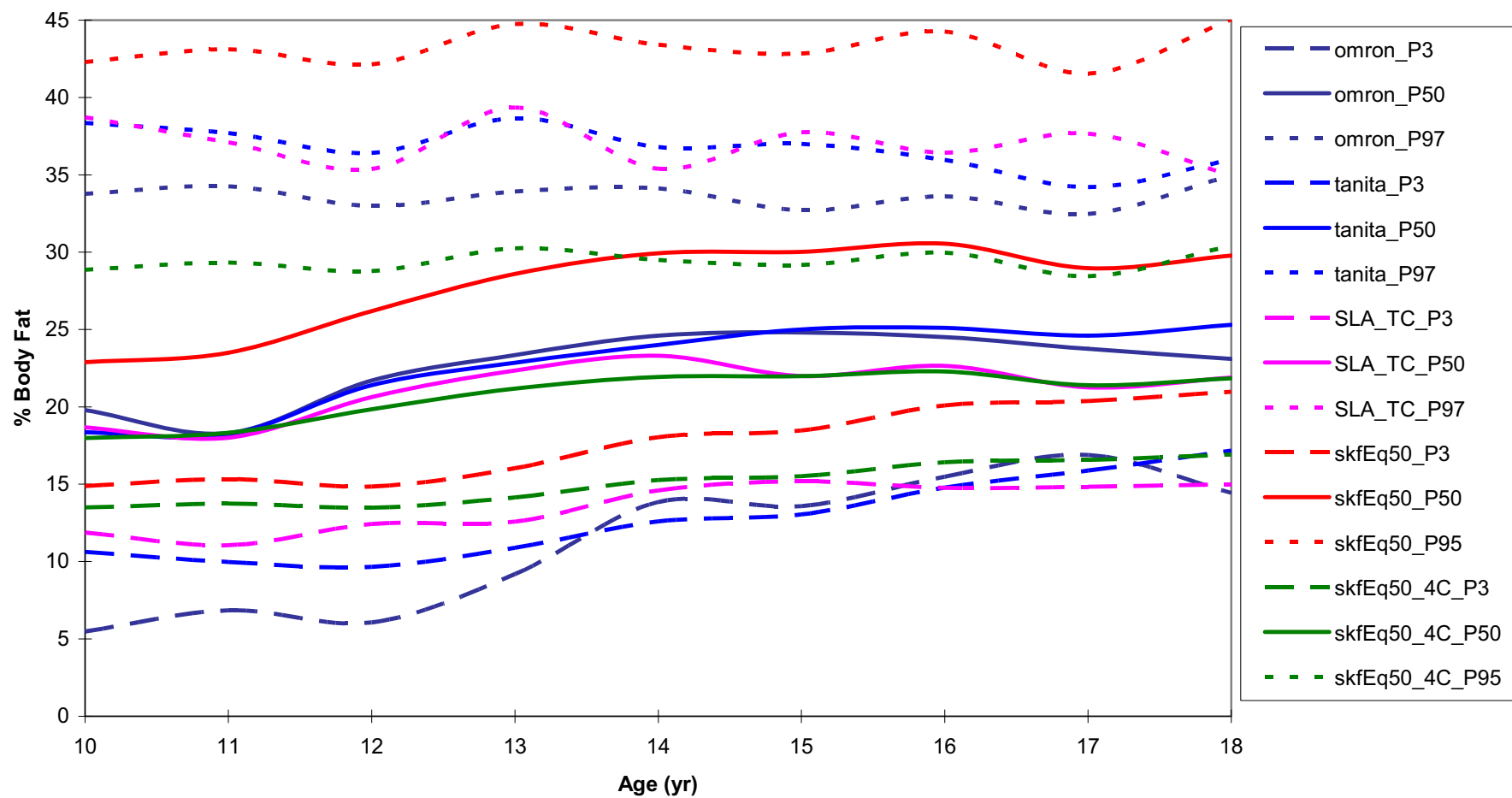
รูปที่ 51 Comparison between % Body Fat from various equations in 713 female surveyed group



รูปที่ 52 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ชุด Survey (n=720) ระหว่าง %BF_EQ กับ % BF ของสมการ Sloucter และ %BF จากเครื่อง BIA สูตรต่างๆ Male



รูปที่ 53 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่า percentile distribution ชุด Survey (n=713) ระหว่าง %BF_EQ กับ % BF ของสมการ Slouglter และ %BF จากเครื่อง BIA สูตรต่างๆ Female



ตารางที่ 33 Statistics value of percent body fat from various Equations and body fat assessment tools in the Thai adolescent who have BMI above 23

	Male (N=108)					Female (N=136)				
	Mean	SD	Median	Min	Max	Mean	SD	Median	Min	Max
BMI	24.3	1.1	24.1	23.0	29.4	24.5	1.2	24.3	23.0	31.2
% Body Fat										
Eq_skf 50_3 age-gr	29.2	9.1	32.4	6.3	41.7					
Eq_skf 50_all age-gr						39.8	3.7	39.7	26.3	50.7
Eq_skf 50_4C	21.5	5.1	23.3	8.7	28.6	27.5	2.1	27.4	19.9	33.6
SLA_TC	22.7	6.8	23.3	8.2	36.1	30.8	4.9	30.9	17.3	41.5
SLA_TS_W	25.7	7.5	26.2	10.4	42.8	32.9	5.1	32.6	19.0	45.6
SLA_TS_B	24.7	8.0	24.4	9.1	42.8					
Omron	25.5	5.1	25.0	15.7	34.6	31.5	2.1	31.6	23.3	39.2
Tanita	24.5	5.8	24.3	14.1	38.5	33.9	2.7	33.7	27.6	45.7

เมื่อนำ % BF จากสมการต่างๆ ในเพศชาย ไปหาความสัมพันธ์กับค่า BMI ในกลุ่มตัวอย่างการสำรวจทั่วประเทศ ได้สมการจาก Simple Regression ในแต่ละกลุ่มอายุ 10 – 12 ปี, 13 – 14 ปี และ 15 – 18 ปี เป็นขั้นตอนที่ IV ใน Conceptual Framework ดังตารางที่ 34 และ 35 และมีผลการทดสอบ Correlation และ Bland & Altman analysis ของ equation ที่พัฒนาขึ้นนี้โดยการทำ cross validation กับข้อมูล %Body fat จากสมการในกลุ่มตัวอย่างอื่นที่มีข้อมูล %Body fat ในที่นี้จะใช้ข้อมูลชุดที่ใช้พัฒนาสูตรทำนาย %BF (380 คน) รวมกับชุดที่ใช้ cross validate สูตรทำนาย %BF (129 คน) เป็น 509 คน ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตาราง 36, 37 และ รูปที่ 54-57 และ 58-61 ซึ่งพบว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อทดสอบการนำค่า %Body fat ที่ทำนายจากค่า BMI ผ่านสมการ eq-skf50 มา adjust ด้วยสมการ DEXA-4C จากหน้า 45 โดยตรง (eq-skf50 BMI_DEXA_4C) พบว่าได้ผลของการทดสอบ cross validation และ validation ไม่ต่างกับจาก equation ของ eq-skf50_4CBMI (ตารางที่ 38 และ รูปที่ 62-65)

เมื่อนำ %BF ที่ทำนายจากค่า BMI ผ่านสมการ eq-skf50_BMI ไป cross validated กับ %Body fat จากเครื่อง DEXA ดังแสดงในตารางที่ 39 และรูปที่ 66-67 และค่า %BF ที่ทำนายจาก eq-skf50_4CBMI และ eq-skf50 BMI_DEXA_4C กับค่า %Body fat จากเครื่อง DEXA ถูก adjusted ด้วยสมการ DEXA_4C ดังแสดงในตารางที่ 40 และ รูปที่ 68-71

ตารางที่ 34 Developed percent body fat (%BF) equations from BMI measurement

model	%BF from BMI	R ²	SEE
male			
%BF Eq3			
10 – 12 yr	-38.276+3.412*BMI	0.801	6.007
13 – 14 yr	-30.907+2.569*BMI	0.707	5.117
15 – 18 yr	-20.596+1.677*BMI	0.515	4.408
%BF Eq_skf50 (3 age - group)			
10 – 12 yr	-26.348+2.710*BMI	0.904	4.529
13 – 14 yr	-31.856+2.635*BMI	0.847	5.113
15 – 18 yr	-28.142+2.043*BMI	0.740	5.036
%BF Eq_skf50_4C			
10 – 12 yr	-9.625+1.520*BMI	0.817	2.541
13 – 14 yr	-12.715+1.478*BMI	0.717	2.868
15 – 18 yr	-10.632+1.146*BMI	0.547	2.825
%BF SLA TC			
10 – 12 yr	-18.279+1.908*BMI	0.827	3.134
13 – 14 yr	-17.879+1.689*BMI	0.723	3.243
15 – 18 yr	-11.481+1.166*BMI	0.506	3.162
%BF SLA TS_W			
10 – 12 yr	-23.818+2.344*BMI	0.856	3.458
13 – 14 yr	-22.254+1.972*BMI	0.751	3.528
15 – 18 yr	-20.090+1.612*BMI	0.621	3.462
%BF SLA TS_B			
10 – 12 yr	-5.410+1.189*BMI	0.853	3.645
13 – 14 yr	-6.829+1.104*BMI	0.741	3.693
15 – 18 yr	-4.349+0.816*BMI	0.617	3.536

compared to percent body fat from various %BF equations in Male

ตารางที่ 35 Developed percent body fat (%BF) equations from BMI measurement compared to percent body fat from various %BF equations in Female

model	%BF from BMI	R ²	SEE
female			
%BF Eq3			
10 – 12 yr	-16.261+2.934*BMI	0.859	3.900
13 – 14 yr	-14.573+2.262*BMI	0.802	3.985
15 – 18 yr	-9.528+1.984*BMI	0.669	4.251
%BF Eq_skf50 (All age - group)			
	-14.205+2.222*BMI	0.888	2.668
%BF Eq_skf50_4C(All age - group)			
	-2.813+1.246*BMI	0.888	1.497
%BF SLA TC			
10 – 12 yr	-9.994+1.700*BMI	0.809	3.177
13 – 14 yr	-8.455+1.605*BMI	0.763	3.161
15 – 18 yr	-6.689+1.484*BMI	0.599	3.486
%BF SLA TS			
10 – 12 yr	-15.920+2.017*BMI	0.825	3.567
13 – 14 yr	-14.224+1.938*BMI	0.787	3.565
15 – 18 yr	-10.700+1.749*BMI	0.674	3.493

ตารางที่ 36 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations Eq_skf50BMI to predict body fat compared to BF_SKF50 for validated with survey (n=1438) cross validated with Develop (n=509)

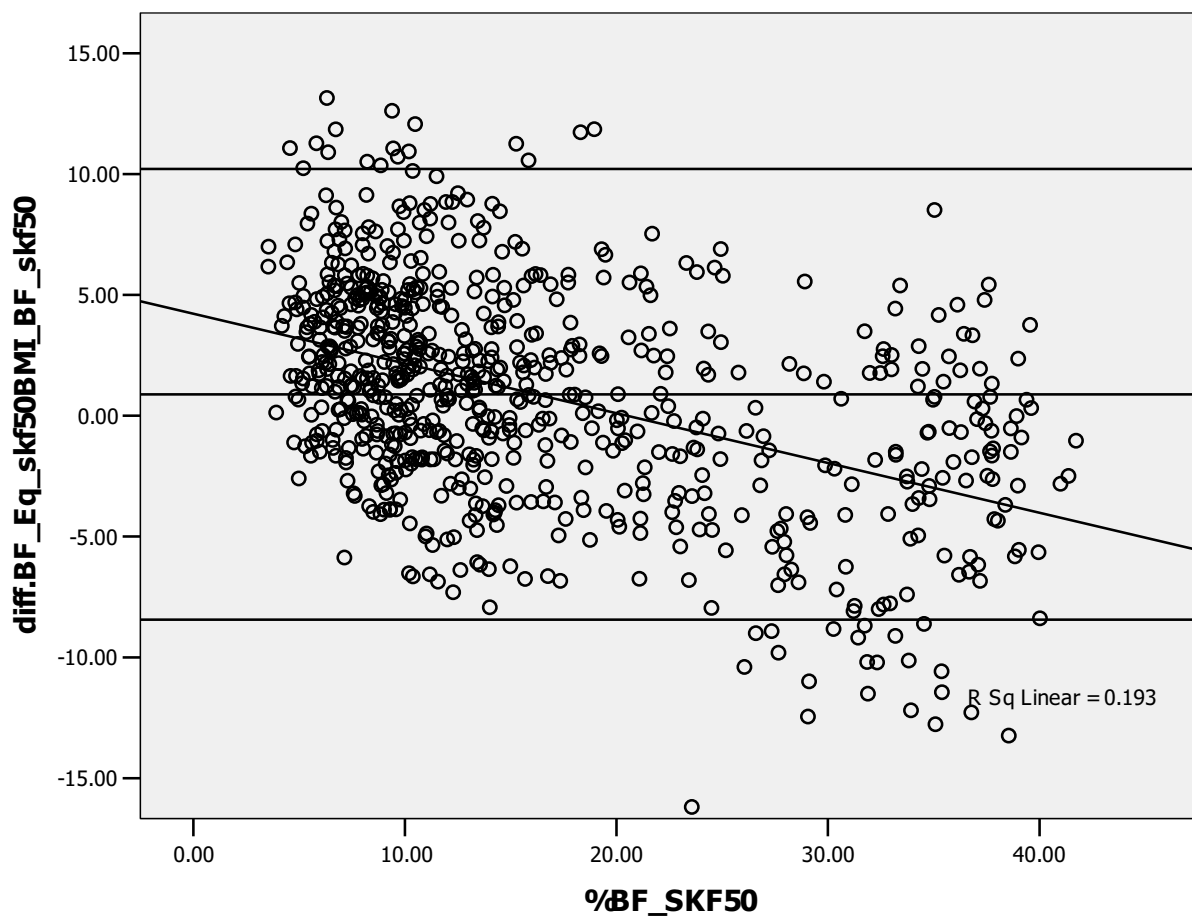
	validation			cross validation		
	r	mean difference	Limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
gr. 10-12	0.904	0.95	-8.16 – 10.05	0.937	2.20	-5.87 – 10.27
gr. 13-14	0.847	1.14	-8.35 – 10.64	0.867	0.39	-9.25 – 10.04
gr. 15-18	0.740	0.71	-8.71 – 10.13	0.774	-0.42	-9.20 – 8.36
female						
gr. 10-12	0.960	-0.35	-5.47 – 4.76	0.968	0.95	-3.73 – 5.62
gr. 13-14	0.952	-0.01	-5.27 – 5.24	0.925	0.72	-5.20 – 6.64
gr. 15-18	0.908	0.52	-5.08 – 6.12	0.925	1.22	-4.01 – 6.44

ตารางที่ 37 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations Eq_skf50_4CBMI to predict body fat compared to BF_SKF50_4C for validated with survey (n=1438) cross validated with Develop (n=509)

	validation			cross validation		
	r	mean difference	Limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
gr. 10-12	0.904	0.52	-4.58 – 5.63	0.937	1.23	-3.30 – 5.75
gr. 13-14	0.847	0.64	-4.69 – 5.96	0.867	0.22	-5.19 – 5.63
gr. 15-18	0.740	0.40	-4.89 – 5.68	0.774	-0.24	-5.16 – 4.69
female						
gr. 10-12	0.960	-0.21	-3.08 – 2.66	0.968	0.52	-2.10 – 3.14
gr. 13-14	0.952	-0.02	-2.97 – 2.93	0.925	0.39	-2.93 – 3.71
gr. 15-18	0.908	0.28	-2.86 – 3.42	0.925	0.67	-2.26 – 3.60

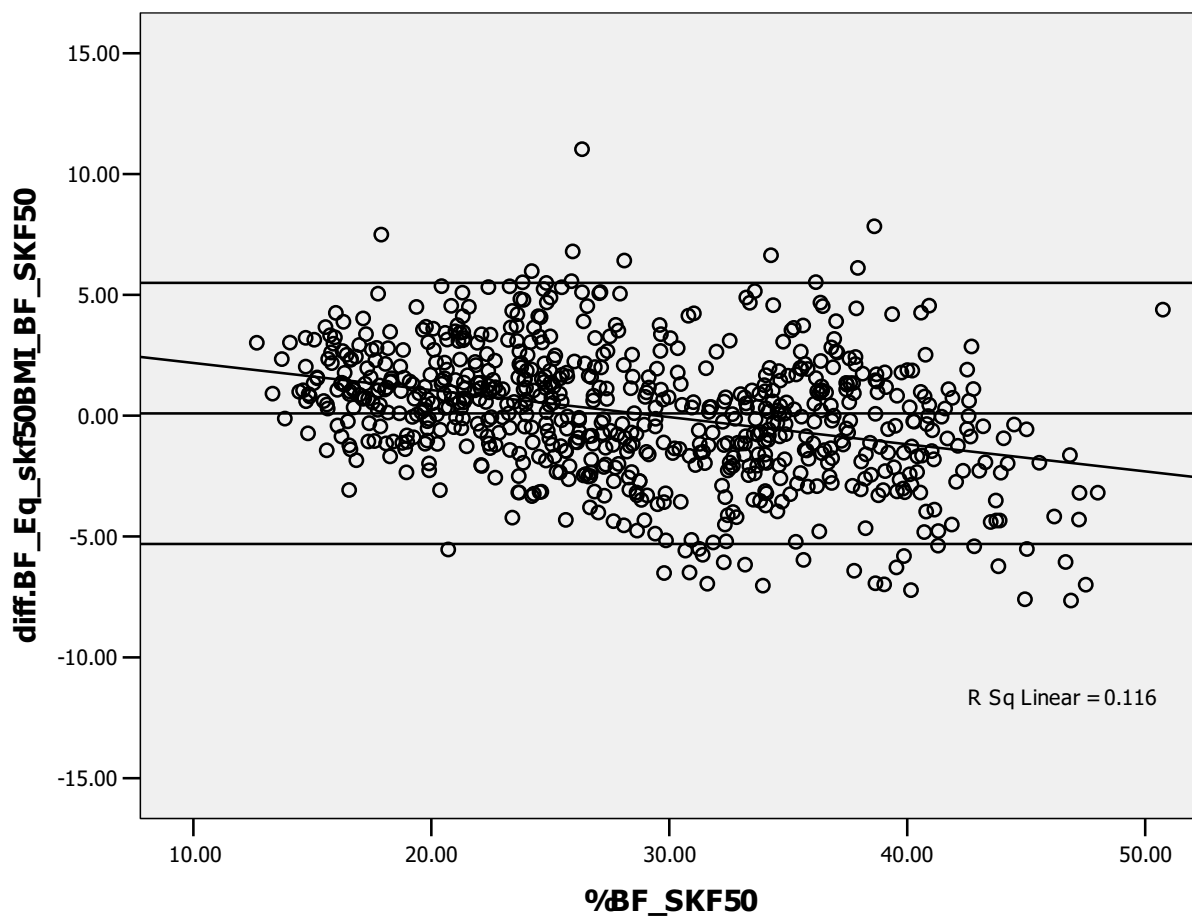
รูปที่ 54

Validate Male

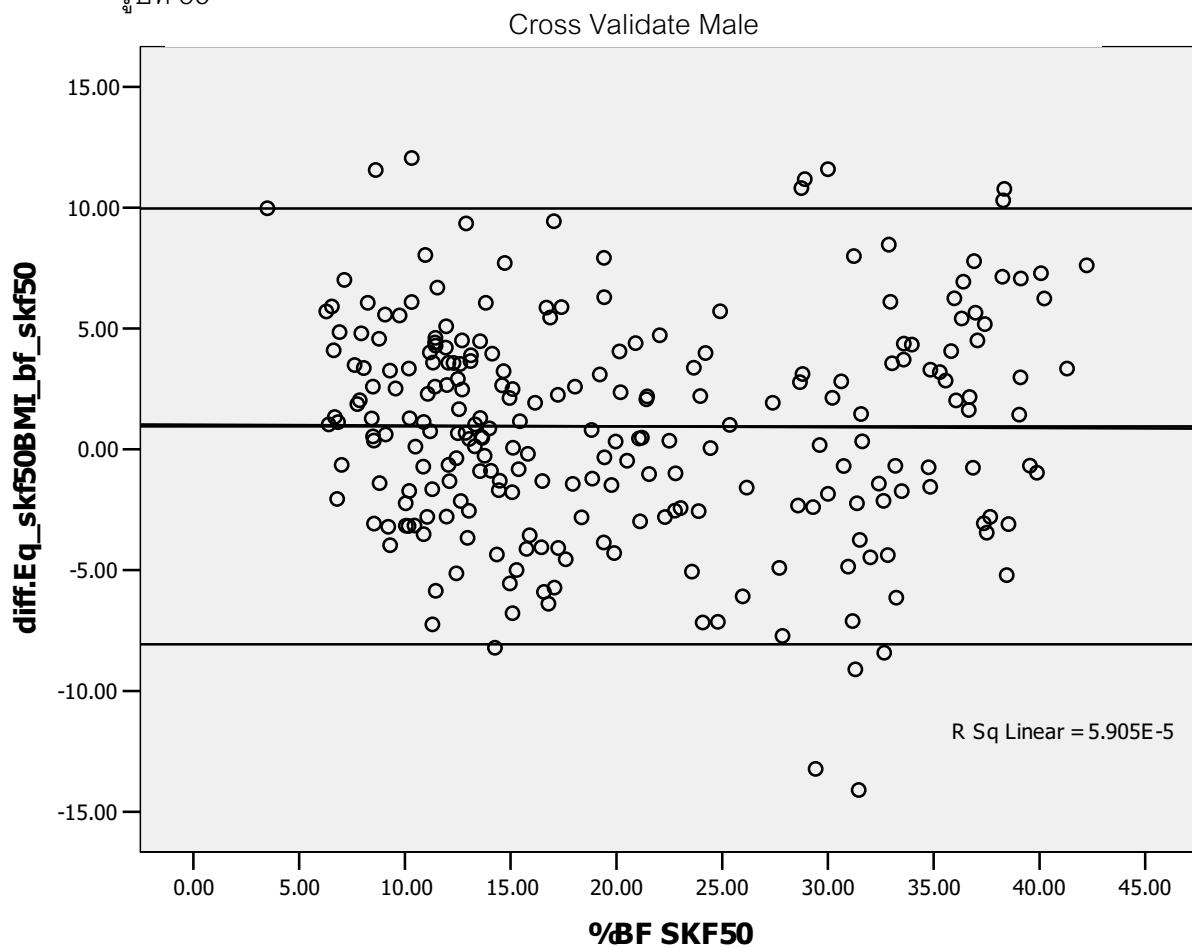


รูปที่ 55

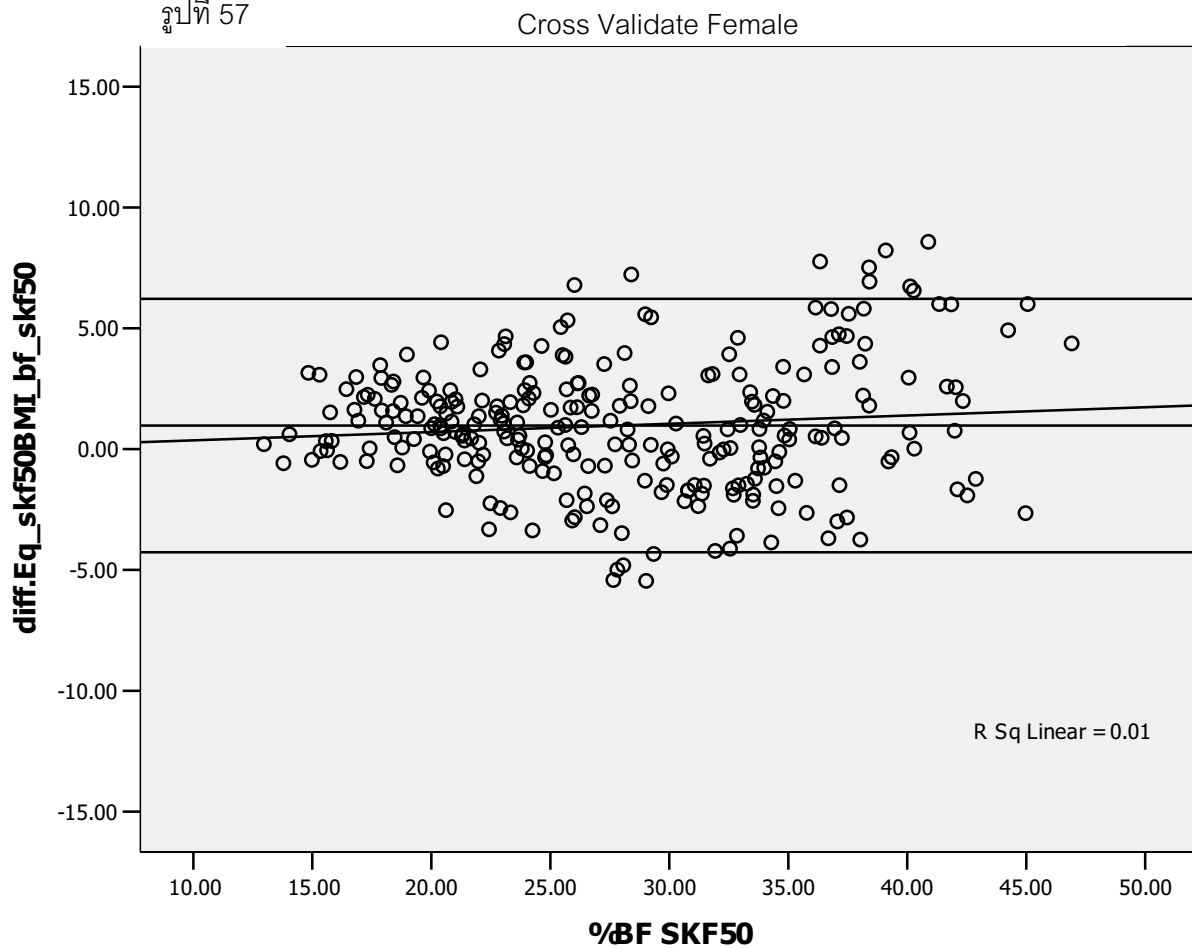
Validate Female



รูปที่ 56

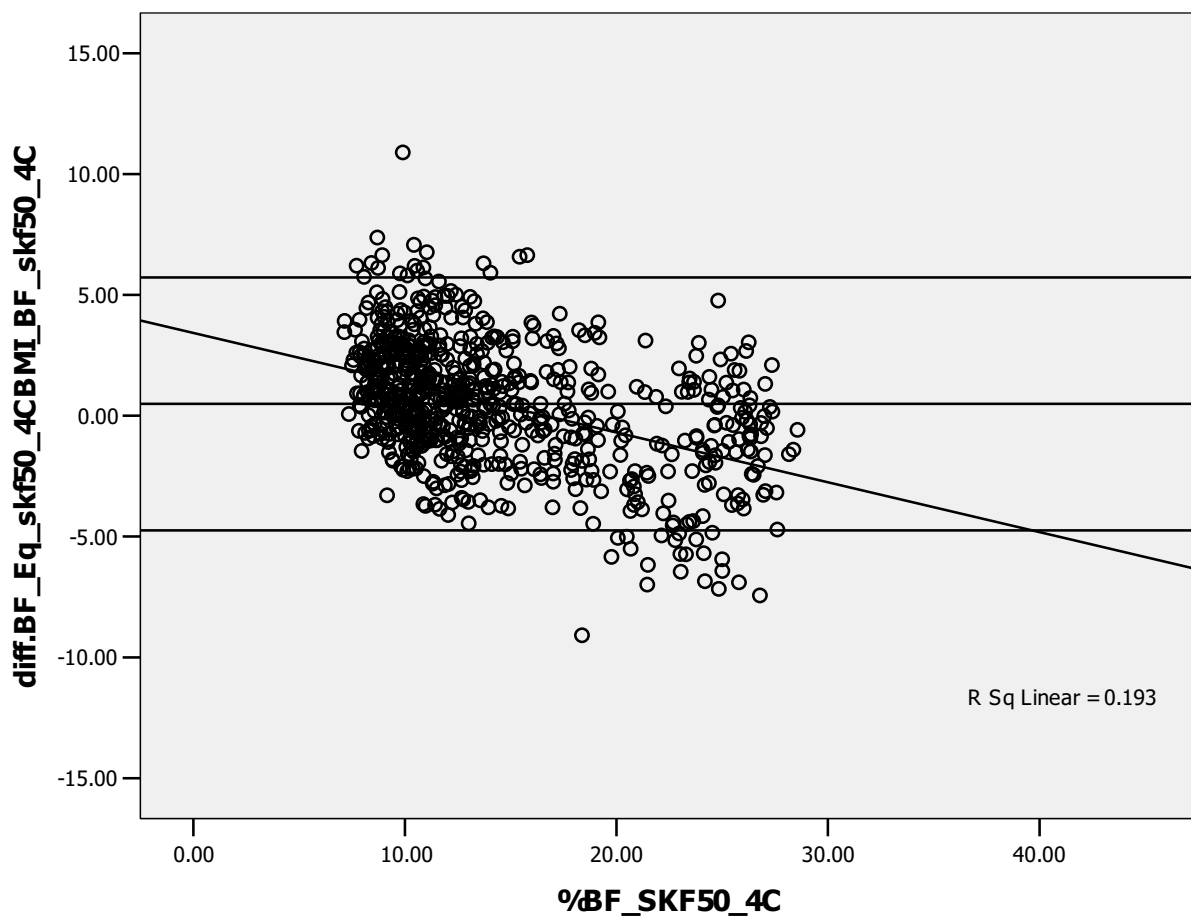


รูปที่ 57



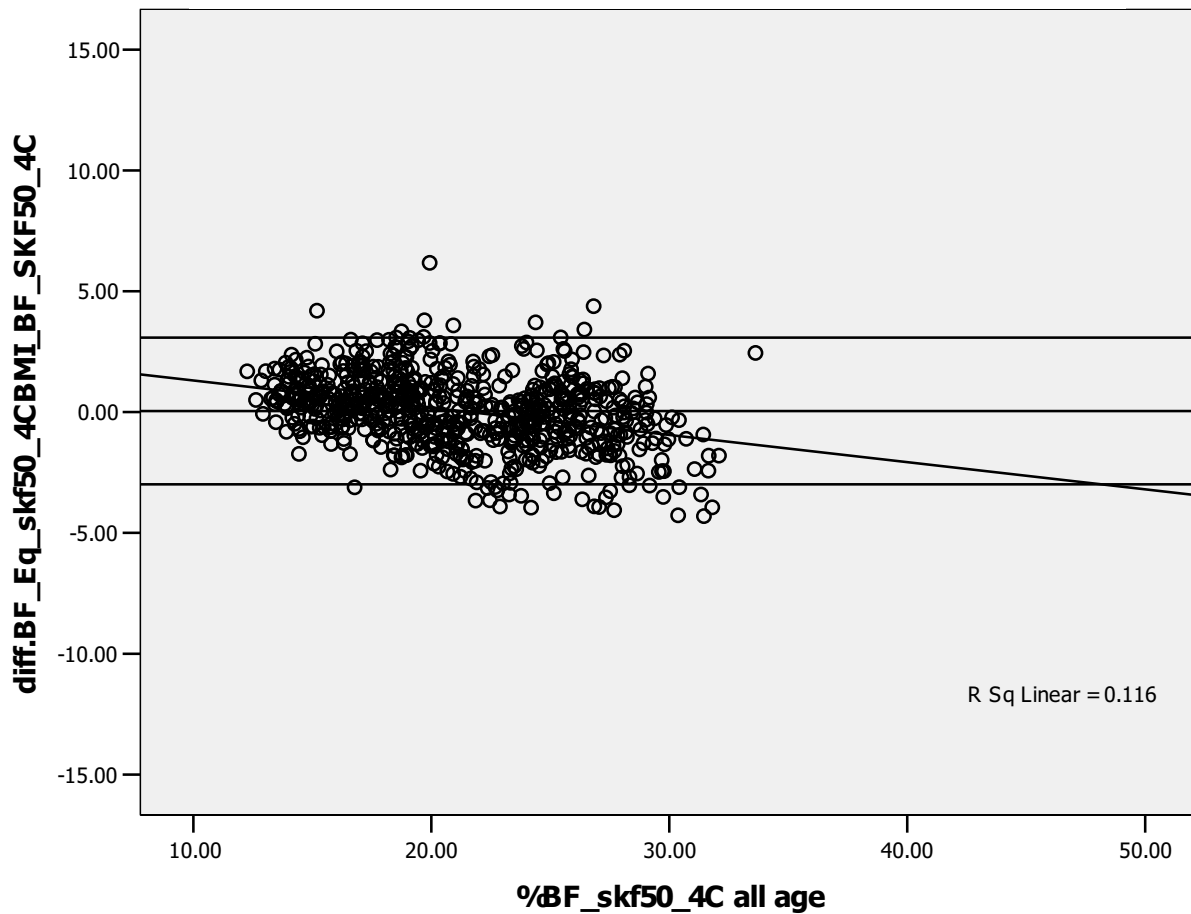
รูปที่ 58

Validate Male

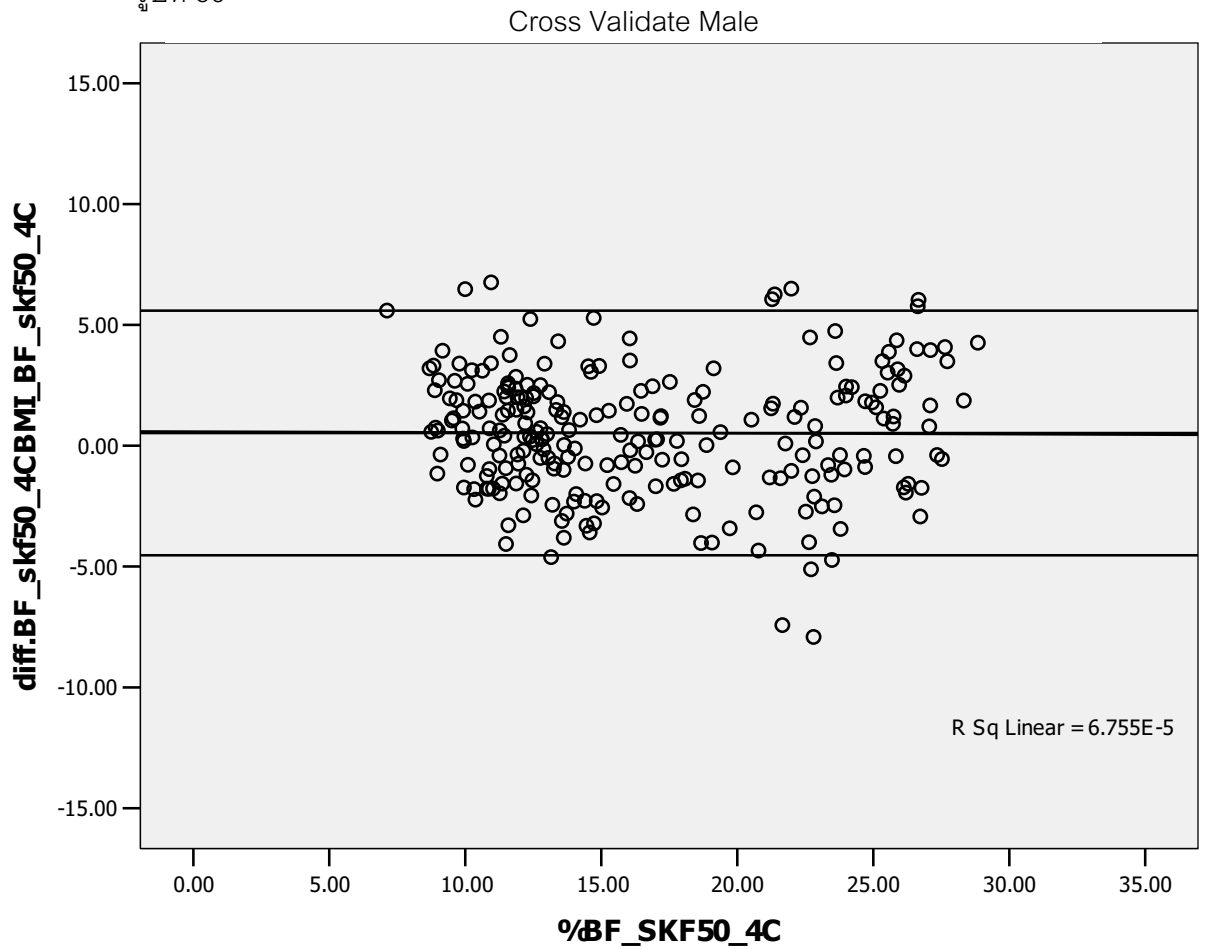


รูปที่ 59

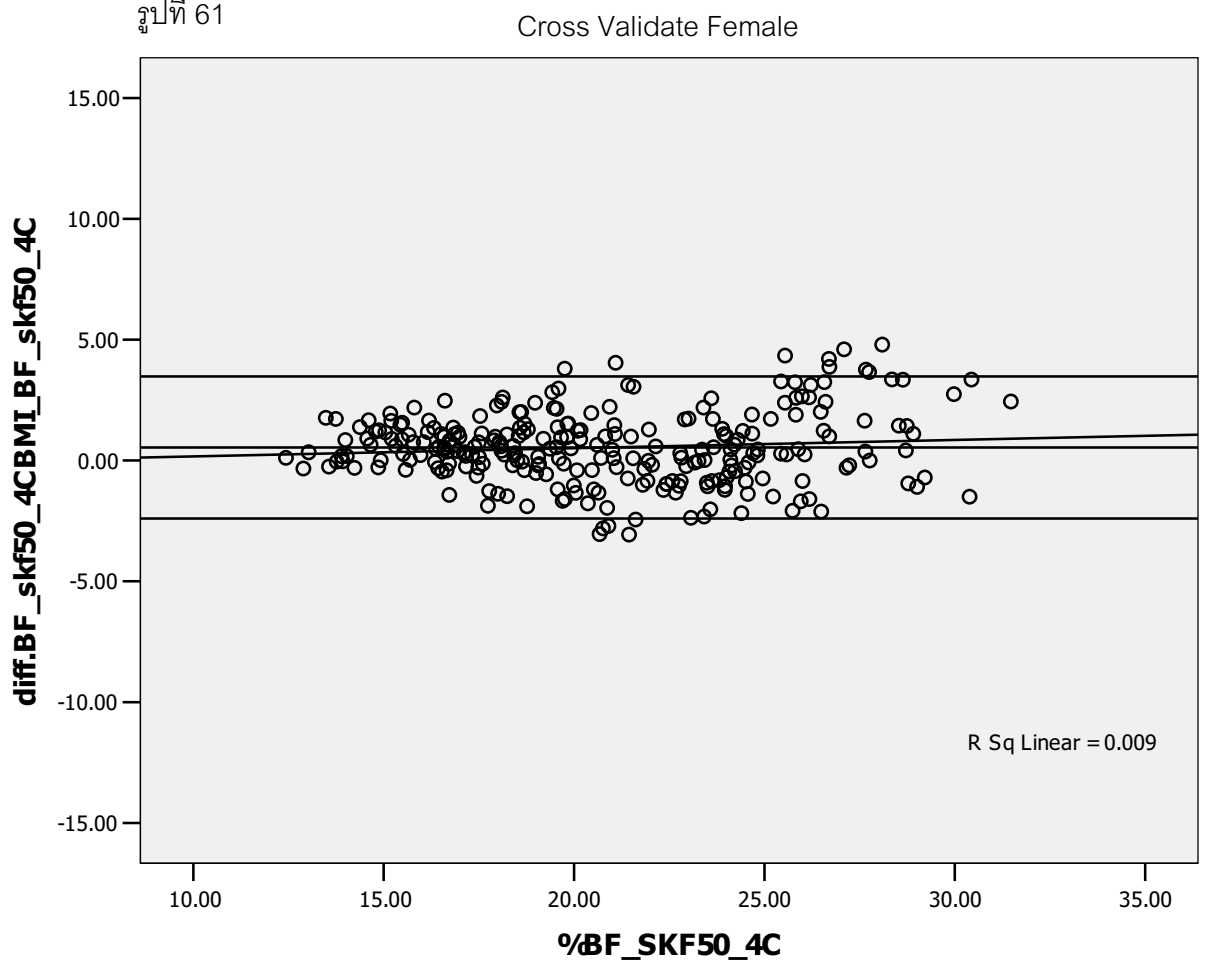
Validate Female



รูปที่ 60



รูปที่ 61

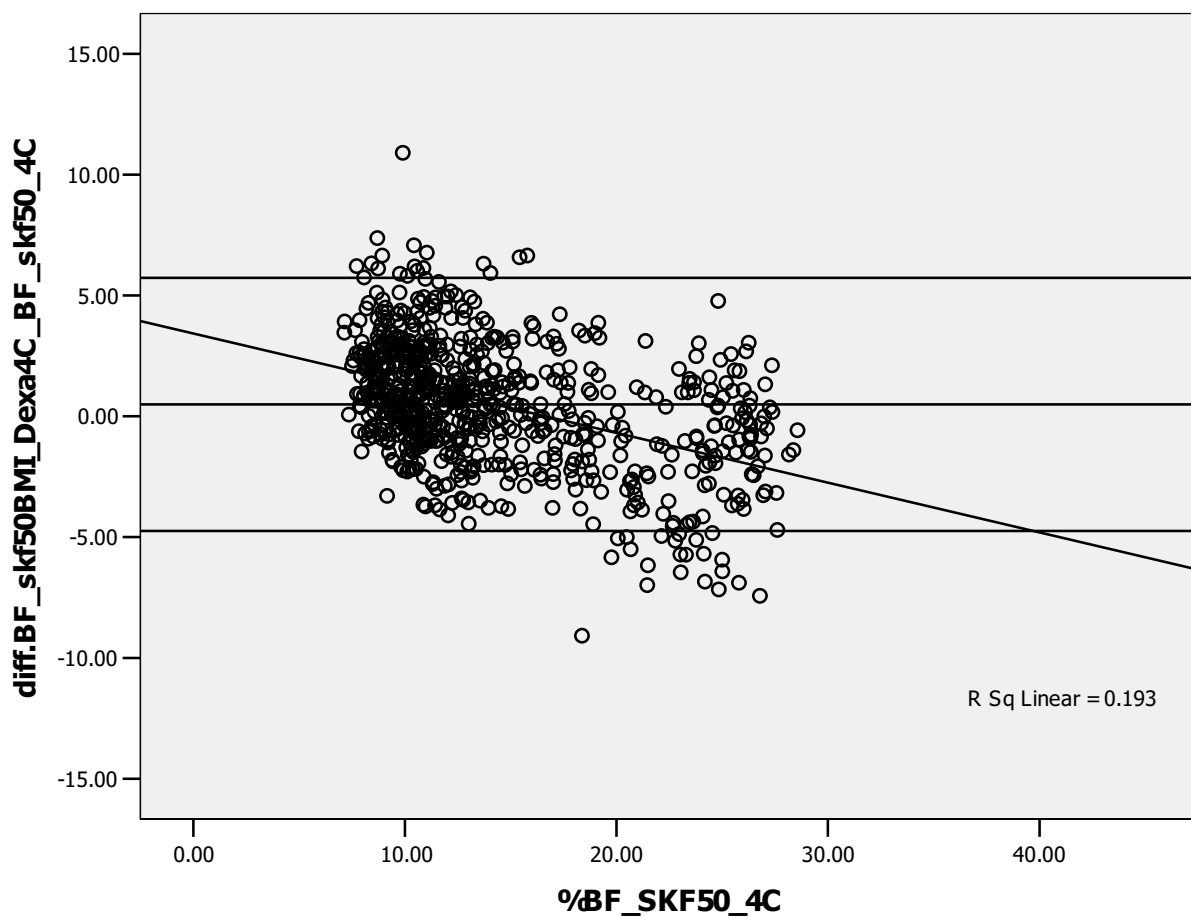


ตารางที่ 38 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations Eq_skf50BMI_Dexa4C to predict body fat compared to BF_SKF50_4C for validated with survey (n=1438) cross validated with Develop (n=509)

	validation			cross validation		
	r	mean difference	Limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
gr. 10-12	0.904	0.53	-4.58 – 5.64	0.937	1.23	-3.29 – 5.76
gr. 13-14	0.847	0.64	-4.69 – 5.97	0.867	0.22	-5.19 – 5.63
gr. 15-18	0.740	0.40	-4.89 – 5.68	0.774	-0.23	-5.16 – 4.69
female						
gr. 10-12	0.960	-0.20	-3.07 – 2.67	0.968	0.53	-2.09 – 3.15
gr. 13-14	0.952	-0.01	-2.96 – 2.94	0.925	0.40	-2.92 – 3.72
gr. 15-18	0.908	0.29	-2.85 – 3.43	0.925	0.68	-2.25 – 3.61

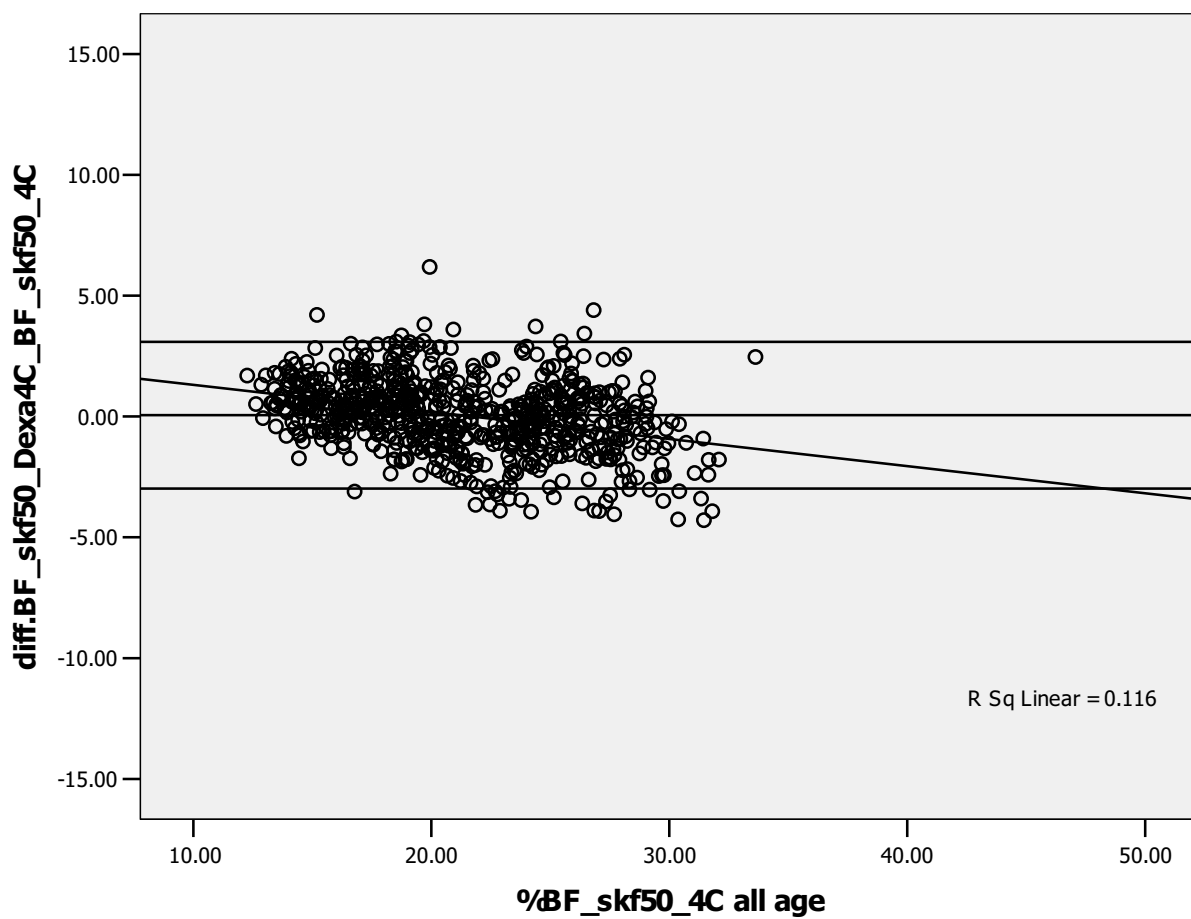
รูปที่ 62

Validate Male



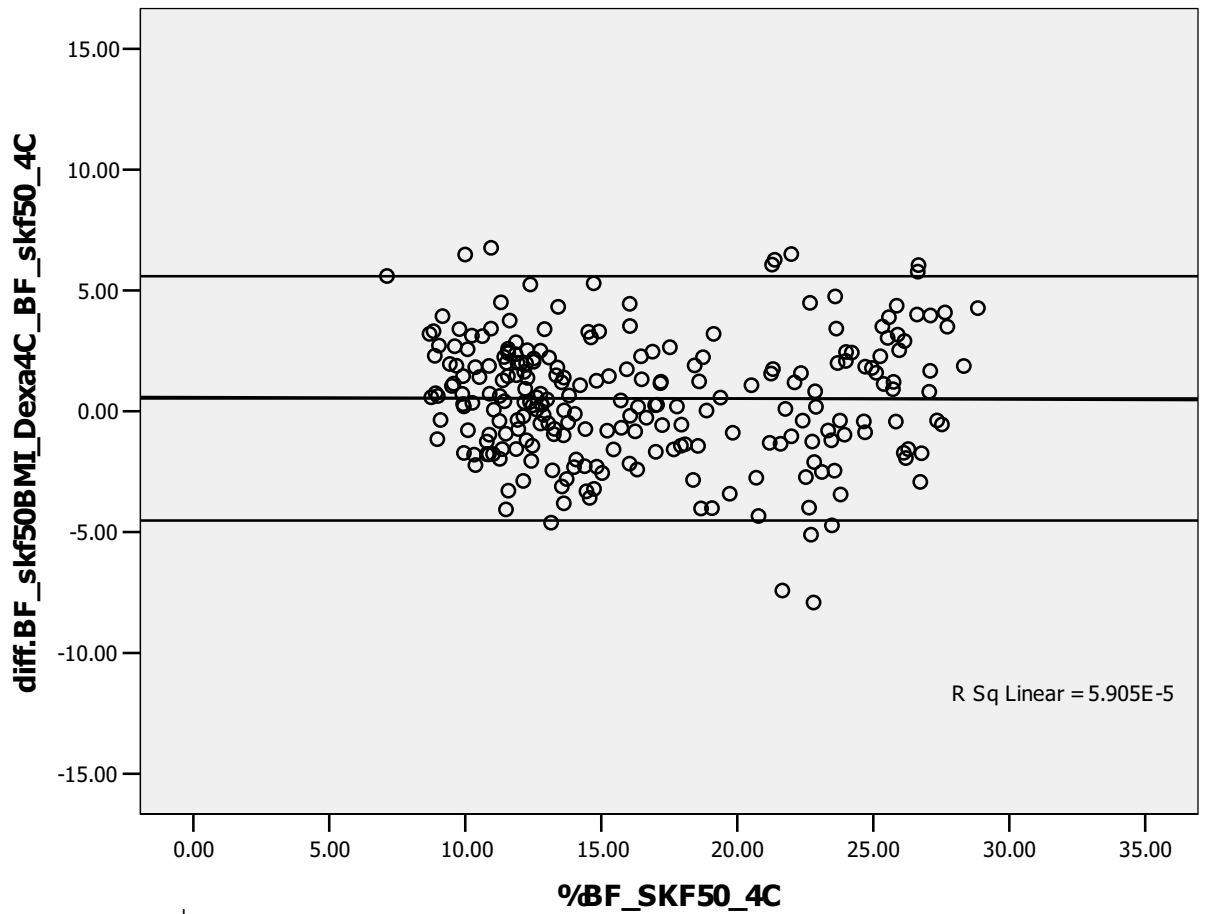
รูปที่ 63

Validate Female



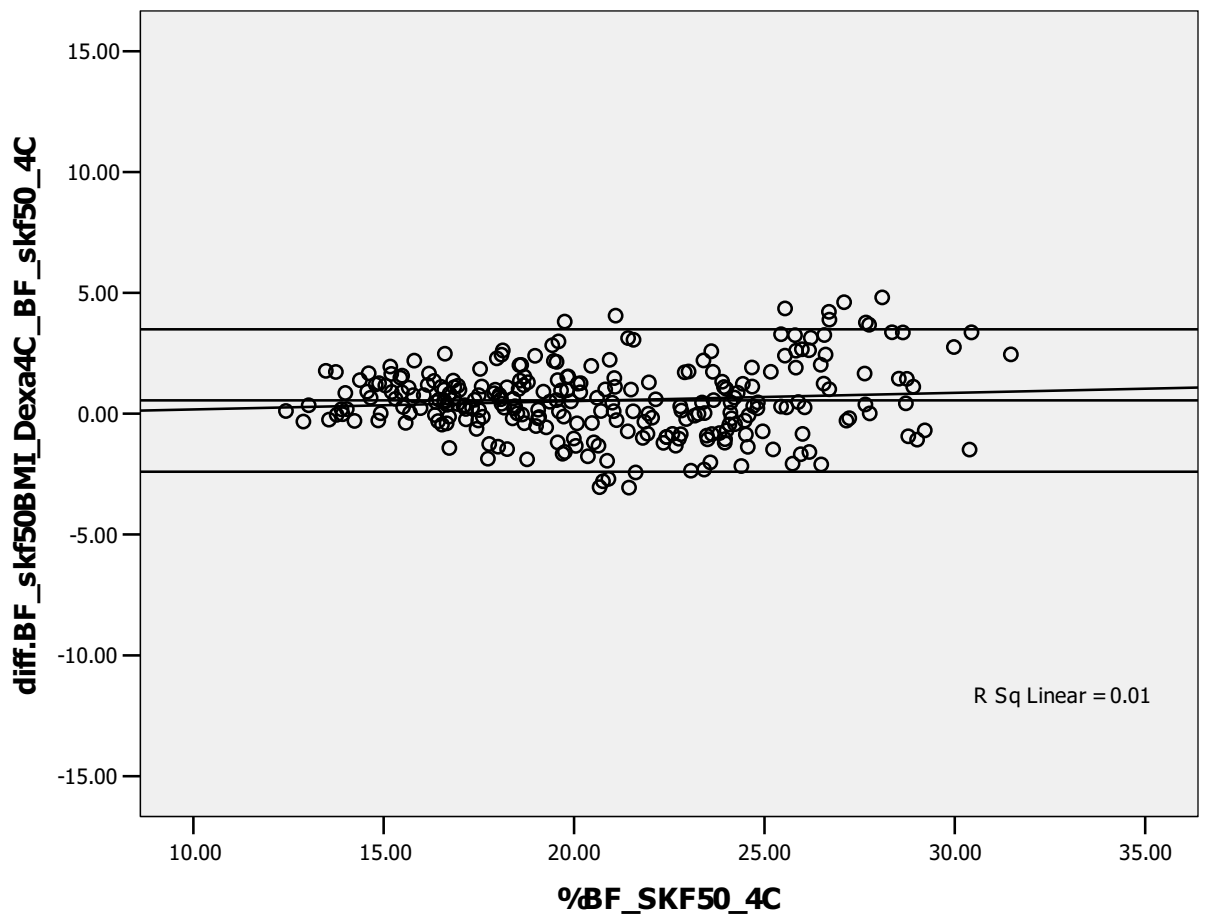
รูปที่ 64

Cross Validate Male



รูปที่ 65

Cross Validate Female

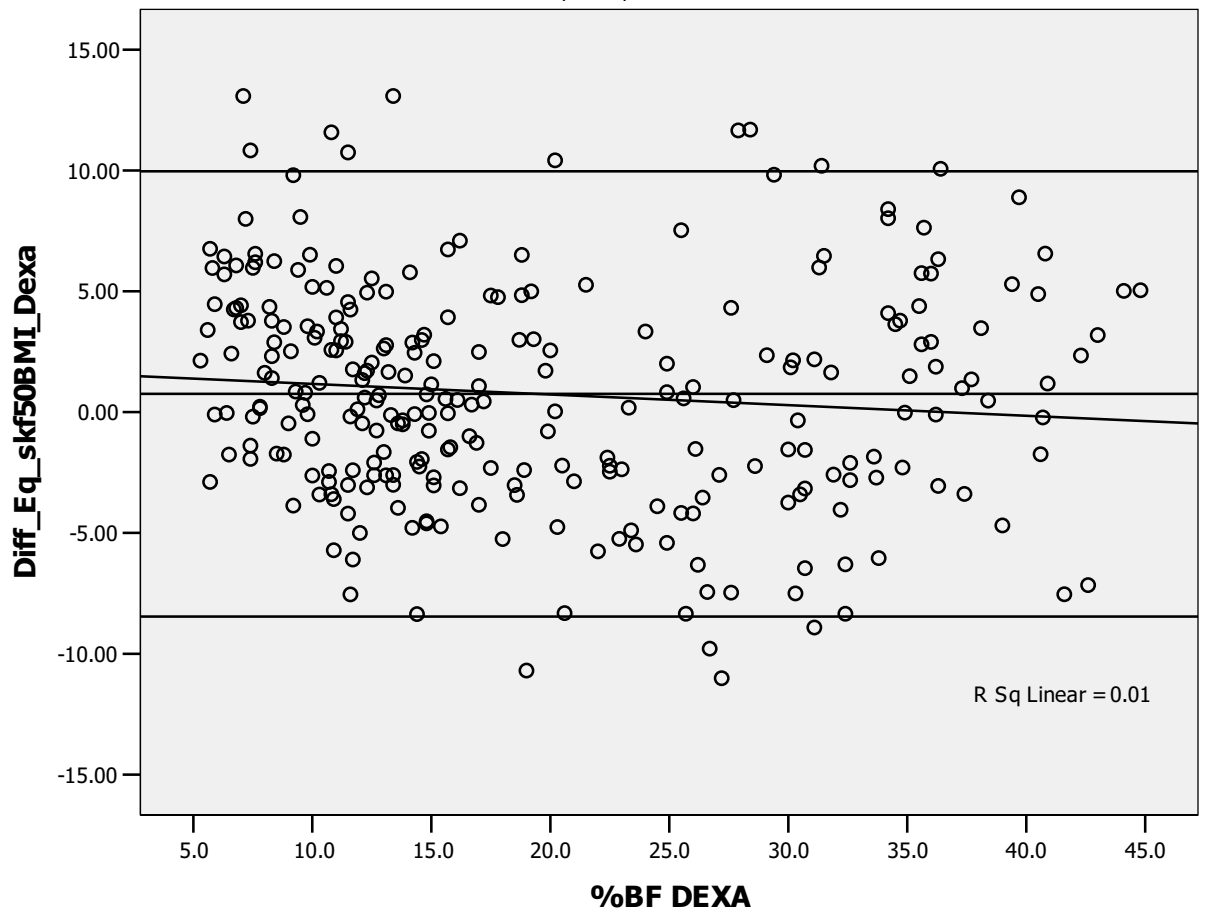


ตารางที่ 39 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations Eq_skf50BMI to predict body fat compared to BF_DEXA for cross validated with Develop (n=509)

		Eq_skf50BMI		
		r	mean	Limit of
			difference	agreement
male				
gr. 10-12	0.925	1.93	-7.01 – 10.87	
gr. 13-14	0.863	0.48	-9.61 – 10.57	
gr. 15-18	0.783	-0.35	-8.56 – 7.86	
female				
gr. 10-12	0.932	1.14	-5.61 – 7.89	
gr. 13-14	0.875	0.61	-7.21 – 8.44	
gr. 15-18	0.860	0.92	-5.87 – 7.72	

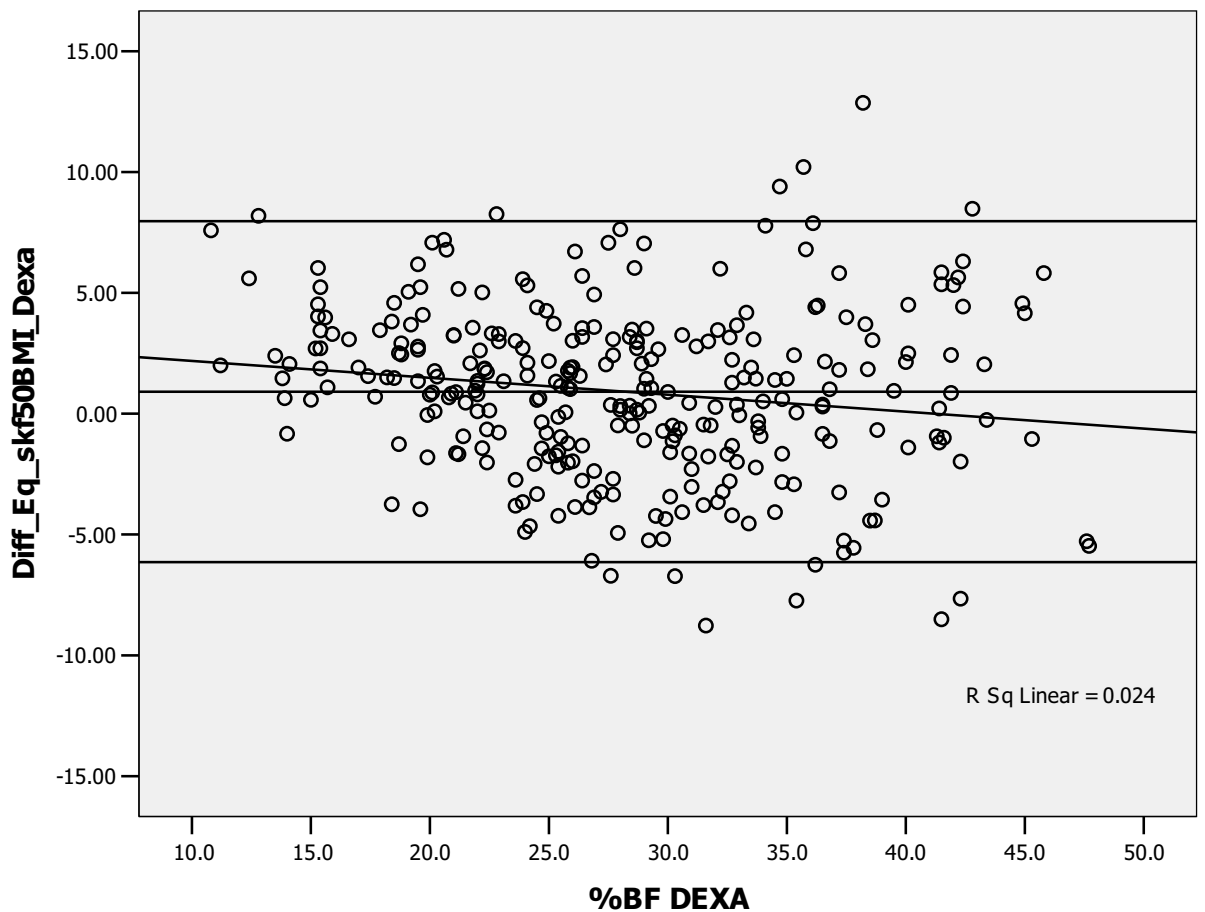
รูปที่ 66

Cross Validate Male



รูปที่ 67

Cross Validate Female

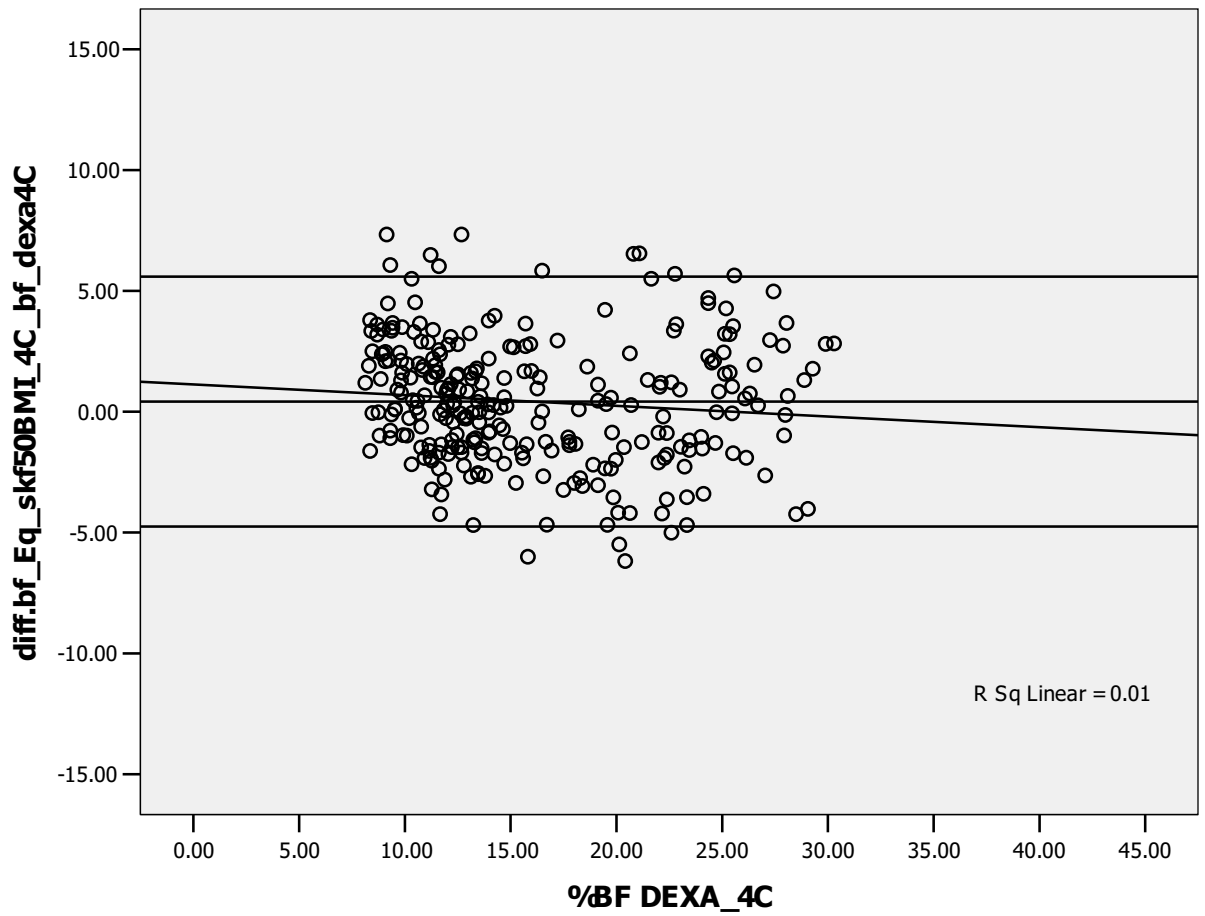


ตารางที่ 40 Correlation coefficient (r) and Bland & Altman analysis (mean difference, limit of agreement) of difference equations Eq_skf50_4CBMI and Eq_skf50BMI_Dexa4C to predict body fat compared to BF_DEXA_4C for cross validated with Develop (n=509)

	Eq_skf50_4CBMI			Eq_skf50BMI_Dexa4C		
	r	mean difference	Limit of agreement	r	mean difference	limit of agreement
male						
gr. 10-12	0.925	1.08	-3.94 – 6.09	0.922	-0.09	-2.65 – 2.47
gr. 13-14	0.863	0.27	-5.39 – 5.39	0.863	0.05	-2.33 – 2.43
gr. 15-18	0.783	-0.20	-4.80 – 4.41	0.773	-0.03	-2.14 – 2.08
female						
gr. 10-12	0.932	0.63	-3.15 – 4.42	0.935	0.08	-2.79 – 2.96
gr. 13-14	0.875	0.33	-4.05 – 4.72	0.880	-0.05	-2.82 – 2.71
gr. 15-18	0.860	0.51	-3.30 – 4.32	0.845	-0.09	-2.72 – 2.54

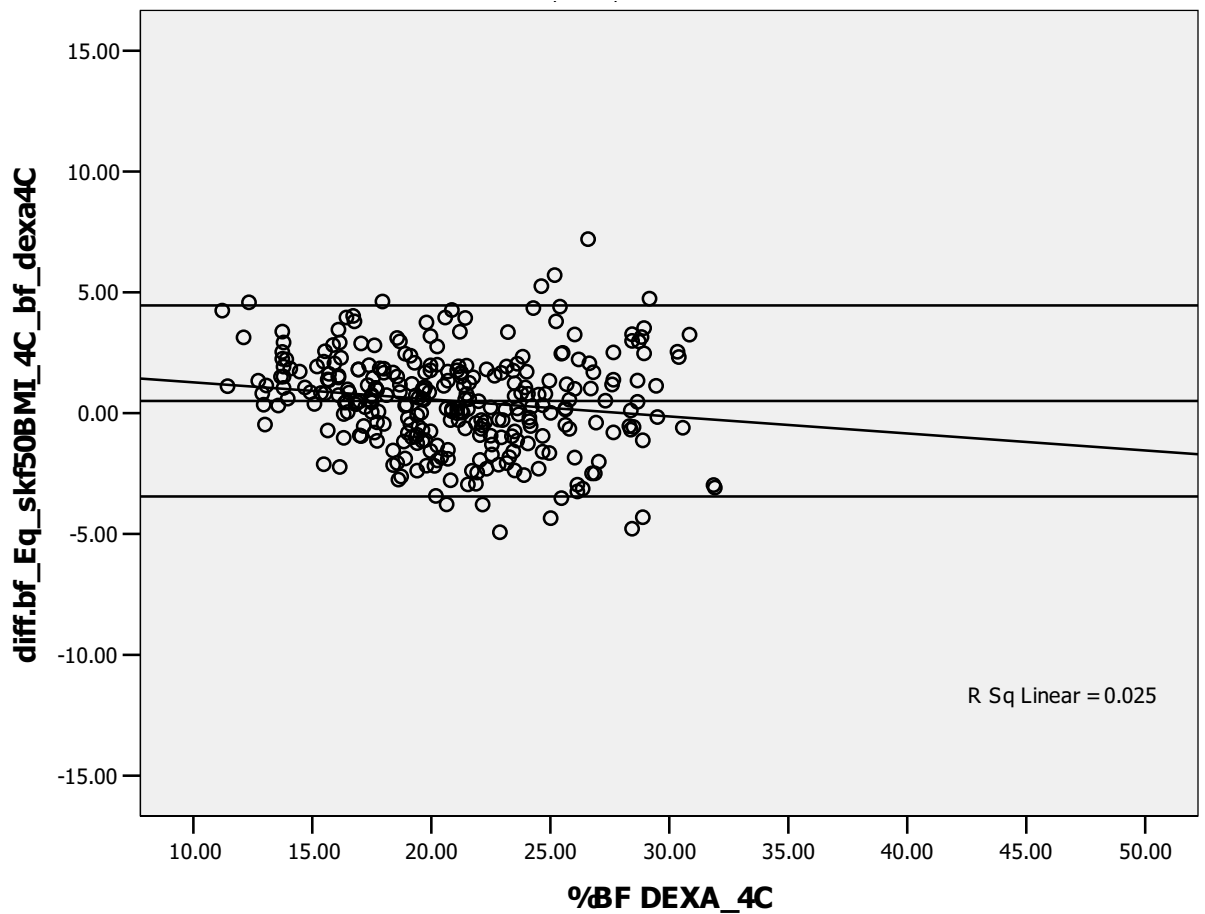
รูปที่ 68

Cross Validate Male



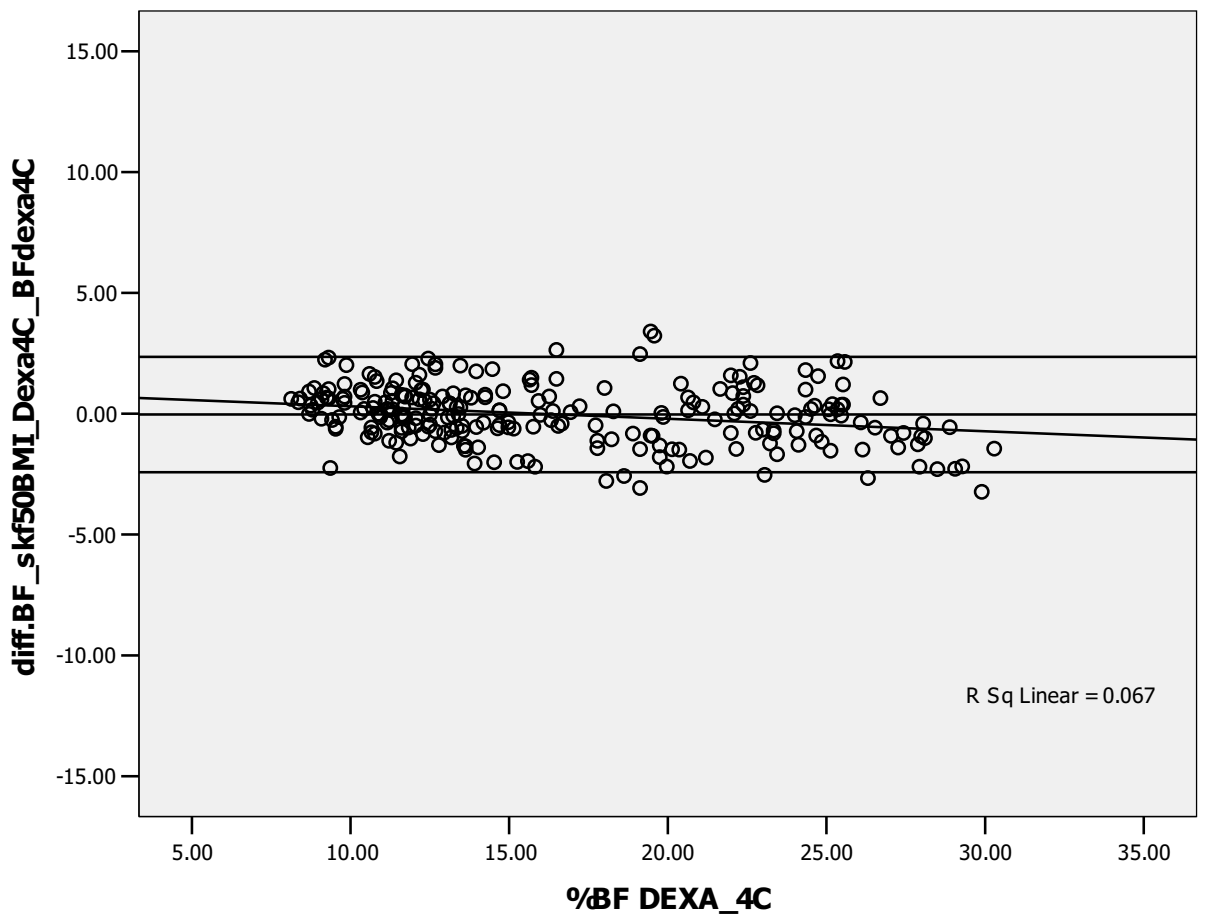
รูปที่ 69

Cross Validate Female



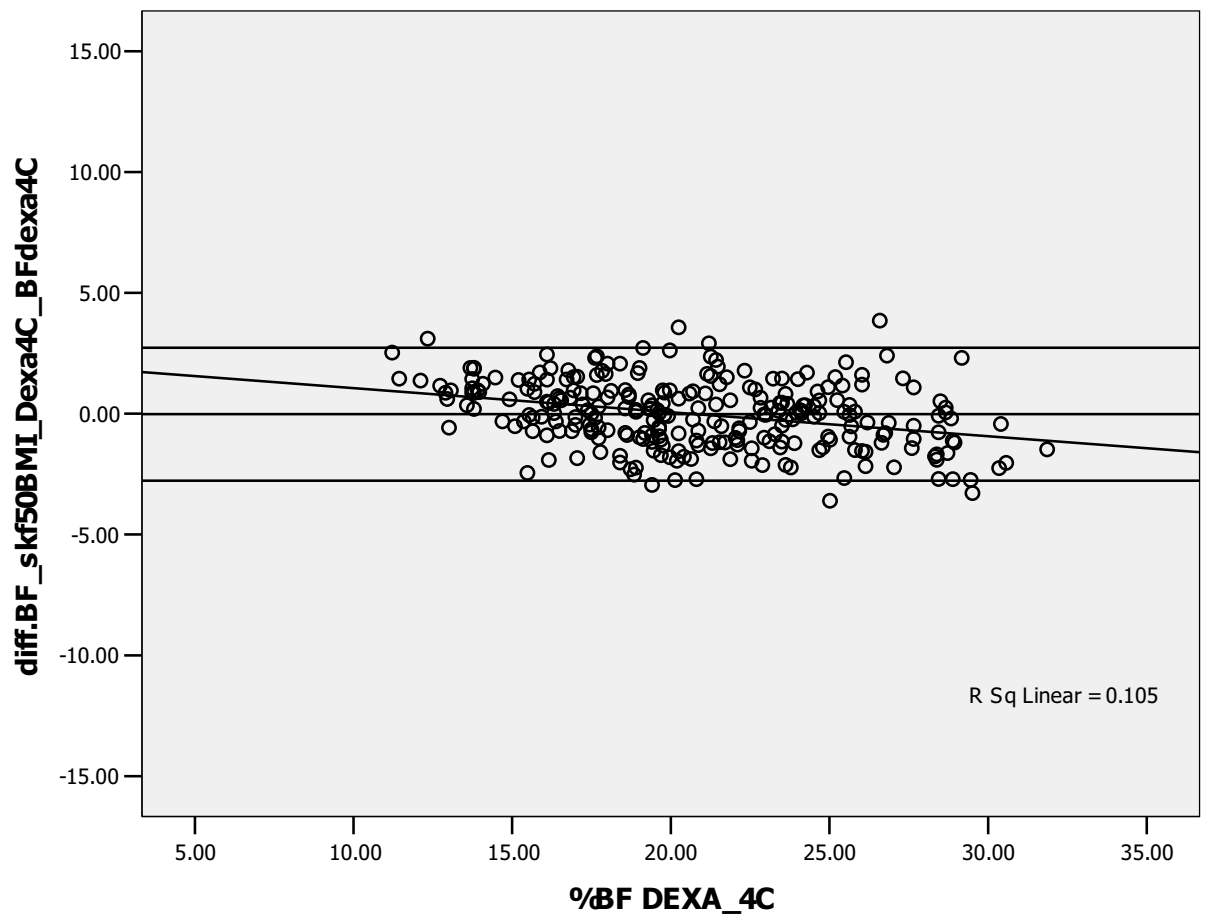
รูปที่ 70

Cross Validate Male



รูปที่ 71

Cross Validate Female



ตารางที่ 41 ค่า BMI ของ Overweight และ Obesity cut-off ของ BMI References ต่างๆ ของเด็ก
ชายไทย อายุ 10-18 ปี

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	15.30	21.00	19.80	24.00	19.30	23.70	21.40	26.07	16.20	21.60	21.90	24.80
11	15.80	21.00	20.60	25.10	20.20	24.80	22.45	28.03	16.60	22.20	22.50	25.50
12	16.00	22.00	21.20	26.00	21.00	26.00	23.58	29.96	17.00	22.60	22.90	25.90
13	16.60	23.00	21.90	26.80	21.80	27.00	24.76	31.69	17.60	22.80	23.20	26.00
14	17.50	24.50	22.60	27.60	22.60	27.80	25.92	33.08	18.20	23.00	23.30	25.80
15	18.10	25.00	23.30	28.30	23.40	28.60	26.97	34.08	18.70	23.00	23.30	25.60
16	18.50	26.50	23.90	28.90	24.20	29.30	27.88	34.75	19.20	23.10	23.40	25.50
17	18.80	27.00	24.50	29.40	24.90	29.90	28.30	35.19	19.70	23.20	23.40	25.30
18	19.00	27.80	25.00	30.00	25.70	30.60	29.24	35.43	20.10	23.30	23.50	25.20

ตารางที่ 42 ค่า BMI ของ Overweight และ Obesity cut-off ของ BMI References ต่างๆ ของเด็ก
หญิงไทย อายุ 10-18 ปี

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	16.60	23.50	19.90	24.10	20.00	24.50	22.57	28.38	16.10	22.20	22.60	25.80
11	16.90	24.00	20.70	25.40	20.80	25.80	23.73	30.19	16.70	22.90	23.30	26.50
12	16.90	24.50	21.70	26.70	21.70	27.10	24.97	31.91	17.40	23.40	23.70	26.90
13	17.50	24.50	22.60	27.80	22.50	28.20	26.21	33.44	18.10	23.70	24.00	27.00
14	17.50	25.00	23.30	28.60	23.30	29.30	27.32	34.66	18.70	23.80	24.10	26.90
15	17.50	25.00	23.90	29.10	24.00	30.30	28.22	35.54	19.20	23.90	24.20	26.70
16	17.50	25.00	24.40	29.40	24.70	31.30	28.87	36.07	19.50	23.90	24.10	26.50
17	17.50	26.00	24.70	29.70	25.20	32.20	29.28	36.28	19.60	23.80	24.10	26.40
18	18.00	27.30	25.00	30.00	25.70	33.00	29.52	36.28	19.70	23.80	24.10	26.30

ตารางที่ 43 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	13.9	33.4	29.3	43.6	27.6	42.6	34.7	50.7	17.0	35.4	36.4	46.3
11	15.6	33.4	32.0	47.4	30.6	46.3	38.3	57.4	18.4	37.5	38.5	48.7
12	16.3	36.8	34.1	50.4	33.4	50.4	42.2	63.9	19.7	38.8	39.9	50.1
13	11.7	28.2	25.4	37.9	25.1	38.5	32.7	50.5	14.3	27.7	28.7	35.9
14	14.1	32.0	27.2	40.0	27.2	40.5	35.7	54.1	15.8	28.2	29.0	35.4
15	9.8	21.3	18.5	26.9	18.6	27.4	24.6	36.6	10.8	18.0	18.5	22.3
16	10.4	23.8	19.5	27.9	20.0	28.5	26.2	37.7	11.6	18.1	18.6	22.2
17	10.9	24.7	20.5	28.7	21.2	29.5	26.9	38.4	12.4	18.3	18.6	21.8
18	11.3	26.0	21.3	29.7	22.5	30.7	28.4	38.8	13.1	18.5	18.8	21.7

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -38.276+3.412*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -30.907+2.569*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -20.596+1.677*BMI

ตารางที่ 44 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq_skf50 (3 age - group) ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	15.1	30.6	27.3	38.7	26.0	37.9	31.6	44.3	17.6	32.2	33.0	40.9
11	16.5	30.6	29.5	41.7	28.4	40.9	34.5	49.6	18.6	33.8	34.6	42.8
12	17.0	33.3	31.1	44.1	30.6	44.1	37.6	54.8	19.7	34.9	35.7	43.8
13	11.9	28.7	25.9	38.8	25.6	39.3	33.4	51.6	14.5	28.2	29.3	36.7
14	14.3	32.7	27.7	40.9	27.7	41.4	36.4	55.3	16.1	28.7	29.5	36.1
15	8.8	22.9	19.5	29.7	19.7	30.3	27.0	41.5	10.1	18.8	19.5	24.2
16	9.7	26.0	20.7	30.9	21.3	31.7	28.8	42.9	11.1	19.1	19.7	24.0
17	10.3	27.0	21.9	31.9	22.7	32.9	29.7	43.8	12.1	19.3	19.7	23.5
18	10.7	28.7	22.9	33.1	24.4	34.4	31.6	44.2	12.9	19.5	19.9	23.3

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -26.348+2.710*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -31.856+2.635*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -28.142+2.043*BMI

ตารางที่ 45 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq_skf50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	13.6	22.3	20.5	26.9	19.7	26.4	22.9	30.0	15.0	23.2	23.7	28.1
11	14.4	22.3	21.7	28.5	21.1	28.1	24.5	33.0	15.6	24.1	24.6	29.1
12	14.7	23.8	22.6	29.9	22.3	29.9	26.2	35.9	16.2	24.7	25.2	29.7
13	11.8	21.3	19.7	26.9	19.5	27.2	23.9	34.1	13.3	21.0	21.6	25.7
14	13.2	23.5	20.7	28.1	20.7	28.4	25.6	36.2	14.2	21.3	21.7	25.4
15	10.1	18.0	16.1	21.8	16.2	22.1	20.3	28.4	10.8	15.7	16.1	18.7
16	10.6	19.7	16.8	22.5	17.1	22.9	21.3	29.2	11.4	15.8	16.2	18.6
17	10.9	20.3	17.4	23.1	17.9	23.6	21.8	29.7	11.9	16.0	16.2	18.4
18	11.1	21.2	18.0	23.7	18.8	24.4	22.9	30.0	12.4	16.1	16.3	18.2

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -9.625+1.520*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -12.715+1.478*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -10.632+1.146*BMI

ตารางที่ 46 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF SLA TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	10.9	21.8	19.5	27.5	18.5	26.9	22.6	31.5	12.6	22.9	23.5	29.0
11	11.9	21.8	21.0	29.6	20.3	29.0	24.6	35.2	13.4	24.1	24.7	30.4
12	12.2	23.7	22.2	31.3	21.8	31.3	26.7	38.9	14.2	24.8	25.4	31.1
13	10.2	21.0	19.1	27.4	18.9	27.7	23.9	35.6	11.8	20.6	21.3	26.0
14	11.7	23.5	20.3	28.7	20.3	29.1	25.9	38.0	12.9	21.0	21.5	25.7
15	9.6	17.7	15.7	21.5	15.8	21.9	20.0	28.3	10.3	15.3	15.7	18.4
16	10.1	19.4	16.4	22.2	16.7	22.7	21.0	29.0	10.9	15.5	15.8	18.3
17	10.4	20.0	17.1	22.8	17.6	23.4	21.5	29.6	11.5	15.6	15.8	18.0
18	10.7	20.9	17.7	23.5	18.5	24.2	22.6	29.8	12.0	15.7	15.9	17.9

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -18.279+1.908*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -17.879+1.689*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -11.481+1.166*BMI

ตารางที่ 47 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF SLA TS_W ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	12.0	25.4	22.6	32.4	21.4	31.7	26.3	37.3	14.2	26.8	27.5	34.3
11	13.2	25.4	24.5	35.0	23.5	34.3	28.8	41.9	15.1	28.2	28.9	36.0
12	13.7	27.8	25.9	37.1	25.4	37.1	31.5	46.4	16.0	29.2	29.9	36.9
13	10.5	23.1	20.9	30.6	20.7	31.0	26.6	40.2	12.5	22.7	23.5	29.0
14	12.3	26.1	22.3	32.2	22.3	32.6	28.9	43.0	13.6	23.1	23.7	28.6
15	9.1	20.2	17.5	25.5	17.6	26.0	23.4	34.8	10.1	17.0	17.5	21.2
16	9.7	22.6	18.4	26.5	18.9	27.1	24.9	35.9	10.9	17.1	17.6	21.0
17	10.2	23.4	19.4	27.3	20.0	28.1	25.5	36.6	11.7	17.3	17.6	20.7
18	10.5	24.7	20.2	28.3	21.3	29.2	27.0	37.0	12.3	17.5	17.8	20.5

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -23.818+2.344*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -22.254+1.972*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -20.090+1.612*BMI

ตารางที่ 48 แสดง %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF SLA TS_B ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	10.5	24.4	21.5	31.8	20.3	31.0	25.4	36.8	12.7	25.9	26.6	33.7
11	11.7	24.4	23.5	34.5	22.5	33.7	28.0	41.6	13.7	27.4	28.1	35.5
12	12.2	26.9	24.9	36.7	24.4	36.7	30.8	46.4	14.7	28.4	29.1	36.4
13	8.7	21.5	19.3	29.2	19.1	29.6	25.1	39.0	10.7	21.1	21.9	27.6
14	10.5	24.6	20.7	30.8	20.7	31.2	27.4	41.8	11.9	21.5	22.1	27.2
15	7.8	19.0	16.3	24.4	16.4	24.9	22.3	33.9	8.8	15.8	16.3	20.0
16	8.4	21.5	17.2	25.4	17.7	26.1	23.7	35.0	9.6	15.9	16.4	19.9
17	8.9	22.3	18.2	26.2	18.9	27.0	24.4	35.7	10.4	16.1	16.4	19.5
18	9.2	23.6	19.0	27.2	20.2	28.2	26.0	36.1	11.0	16.3	16.6	19.4

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -5.410+1.189*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -6.829+1.104*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -4.349+0.816*BMI

ตารางที่ 49 แสดง %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	23.5	40.0	31.4	41.4	31.6	42.4	37.8	51.7	22.3	36.9	37.8	45.5
11	24.2	41.2	33.3	44.5	33.5	45.5	40.5	56.0	23.7	38.6	39.5	47.2
12	24.2	42.4	35.7	47.7	35.7	48.6	43.5	60.1	25.4	39.8	40.5	48.1
13	25.0	40.8	36.5	48.3	36.3	49.2	44.7	61.1	26.4	39.0	39.7	46.5
14	25.0	42.0	38.1	50.1	38.1	51.7	47.2	63.8	27.7	39.3	39.9	46.3
15	25.2	40.1	37.9	48.2	38.1	50.6	46.5	61.0	28.6	37.9	38.5	43.4
16	25.2	40.1	38.9	48.8	39.5	52.6	47.8	62.0	29.2	37.9	38.3	43.0
17	25.2	42.1	39.5	49.4	40.5	54.4	48.6	62.5	29.4	37.7	38.3	42.8
18	26.2	44.6	40.1	50.0	41.5	55.9	49.0	62.5	29.6	37.7	38.3	42.7

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -16.261+2.934*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -14.573+2.262*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -9.528+1.984*BMI

ตารางที่ 50 แสดง %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq_skf50 (all age group) ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	22.7	38.0	30.0	39.3	30.2	40.2	35.9	48.9	21.6	35.1	36.0	43.1
11	23.3	39.1	31.8	42.2	32.0	43.1	38.5	52.9	22.9	36.7	37.6	44.7
12	23.3	40.2	34.0	45.1	34.0	46.0	41.3	56.7	24.5	37.8	38.5	45.6
13	24.7	40.2	36.0	47.6	35.8	48.5	44.0	60.1	26.0	38.5	39.1	45.8
14	24.7	41.3	37.6	49.3	37.6	50.9	46.5	62.8	27.3	38.7	39.3	45.6
15	24.7	41.3	38.9	50.5	39.1	53.1	48.5	64.8	28.5	38.9	39.6	45.1
16	24.7	41.3	40.0	51.1	40.7	55.3	49.9	65.9	29.1	38.9	39.3	44.7
17	24.7	43.6	40.7	51.8	41.8	57.3	50.9	66.4	29.3	38.7	39.3	44.5
18	25.8	46.5	41.3	52.5	42.9	59.1	51.4	66.4	29.6	38.7	39.3	44.2

สูตร %BF = -14.205+2.222*BMI

ตารางที่ 51 แสดง %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF Eq_skf50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	17.9	26.5	22.0	27.2	22.1	27.7	25.3	32.5	17.2	24.8	25.3	29.3
11	18.2	27.1	23.0	28.8	23.1	29.3	26.8	34.8	18.0	25.7	26.2	30.2
12	18.2	27.7	24.2	30.5	24.2	31.0	28.3	36.9	18.9	26.3	26.7	30.7
13	19.0	27.7	25.3	31.8	25.2	32.3	29.8	38.9	19.7	26.7	27.1	30.8
14	19.0	28.3	26.2	32.8	26.2	33.7	31.2	40.4	20.5	26.8	27.2	30.7
15	19.0	28.3	27.0	33.4	27.1	34.9	32.3	41.5	21.1	27.0	27.3	30.5
16	19.0	28.3	27.6	33.8	28.0	36.2	33.2	42.1	21.5	27.0	27.2	30.2
17	19.0	29.6	28.0	34.2	28.6	37.3	33.7	42.4	21.6	26.8	27.2	30.1
18	19.6	31.2	28.3	34.6	29.2	38.3	34.0	42.4	21.7	26.8	27.2	30.0

สูตร $\%BF = -2.813 + 1.246 * BMI$

ตารางที่ 52 แสดง %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF SLA TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	18.2	30.0	23.8	31.0	24.0	31.7	28.4	38.3	17.4	27.7	28.4	33.9
11	18.7	30.8	25.2	33.2	25.4	33.9	30.3	41.3	18.4	28.9	29.6	35.1
12	18.7	31.7	26.9	35.4	26.9	36.1	32.5	44.3	19.6	29.8	30.3	35.7
13	19.6	30.9	27.8	36.2	27.7	36.8	33.6	45.2	20.6	29.6	30.1	34.9
14	19.6	31.7	28.9	37.4	28.9	38.6	35.4	47.2	21.6	29.7	30.2	34.7
15	19.3	30.4	28.8	36.5	28.9	38.3	35.2	46.1	21.8	28.8	29.2	32.9
16	19.3	30.4	29.5	36.9	30.0	39.8	36.2	46.8	22.2	28.8	29.1	32.6
17	19.3	31.9	30.0	37.4	30.7	41.1	36.8	47.2	22.4	28.6	29.1	32.5
18	20.0	33.8	30.4	37.8	31.4	42.3	37.1	47.2	22.5	28.6	29.1	32.3

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี $\%BF = -9.994 + 1.700 * BMI$
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี $\%BF = -8.455 + 1.605 * BMI$
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี $\%BF = -6.689 + 1.484 * BMI$

ตารางที่ 53 แสดง %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF SLA TS ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's~25	Cole's~30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	17.6	31.5	24.2	32.7	24.4	33.5	29.6	41.3	16.6	28.9	29.7	36.1
11	18.2	32.5	25.8	35.3	26.0	36.1	31.9	45.0	17.8	30.3	31.1	37.5
12	18.2	33.5	27.8	37.9	27.8	38.7	34.4	48.4	19.2	31.3	31.9	38.3
13	19.7	33.3	29.6	39.7	29.4	40.4	36.6	50.6	20.9	31.7	32.3	38.1
14	19.7	34.2	30.9	41.2	30.9	42.6	38.7	52.9	22.0	31.9	32.5	37.9
15	19.9	33.0	31.1	40.2	31.3	42.3	38.7	51.5	22.9	31.1	31.6	36.0
16	19.9	33.0	32.0	40.7	32.5	44.0	39.8	52.4	23.4	31.1	31.5	35.6
17	19.9	34.8	32.5	41.2	33.4	45.6	40.5	52.8	23.6	30.9	31.5	35.5
18	20.8	37.0	33.0	41.8	34.2	47.0	40.9	52.8	23.8	30.9	31.5	35.3

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = $-15.920 + 2.017 \times \text{BMI}$

กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = $-14.224 + 1.938 \times \text{BMI}$

กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = $-10.700 + 1.749 \times \text{BMI}$

เมื่อแยก BMI cut off ที่เป็นภาวะโภชนาการเกินเป็น 2 ระดับ และเปรียบเทียบระหว่าง BMI reference ต่างๆ คือระดับที่ 1 ภาวะโภชนาการเกิน (IOTF ที่ $>\text{BMI} \sim 25$, CDC $>$ ที่ P85, WHO 2007 และ THAI1997 ที่ $>+2\text{SD}$) และที่ระดับที่ 2 ภาวะอ้วน (IOTF ที่ $>\text{BMI} \sim 30$, CDC $>$ ที่ P97, WHO 2007 และ THAI1997 ที่ $>+3\text{SD}$) และระดับที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 72 ถึง 73 จากรูปต่างๆ ดังกล่าวจะเห็นว่า BMI reference ของ WHO2007 ไม่น่าจะเหมาะสม เนื่องจากสะท้อนระดับ %BF ที่ระดับสูงมากกว่า reference อื่นๆ มาก แม้แต่รูปที่ 75 และ 93 ซึ่งมาจากสมการที่พัฒนามาจากค่า %BF ที่ได้ adjust ค่า DEXA ให้ใกล้เคียงกับค่าจาก 4C แล้ว reference ของ WHO2007 ก็ยังแสดงสะท้อนระดับ %BF ที่ค่อนข้างสูงเกินไปสำหรับการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกินในทั้ง 2 เพศ (ค่า BMI cut-off ระดับที่ 2 หรือ obesity level สะท้อน %BF = 30 และ 42.4 สำหรับเด็กอายุ 18 ปี ในเพศชาย และเพศหญิง ตามลำดับ)

ในเพศชาย แม้อีก 3 References ที่เหลือคือ IOTF, CDC และไทย จะมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงอายุ 10 ปี แต่ที่อายุ 18 ปี IOTF และ CDC จะประมาณการค่า %BF ที่เกิน 20% (23.7 และ 24.4 %BF จาก IOTF และ CDC ตามลำดับ) ขณะที่ Reference ไทยให้ค่าประมาณ 18.2 % สำหรับ cut-off ระดับที่ 2 และ 16.3% สำหรับ cut-off ระดับที่ 1

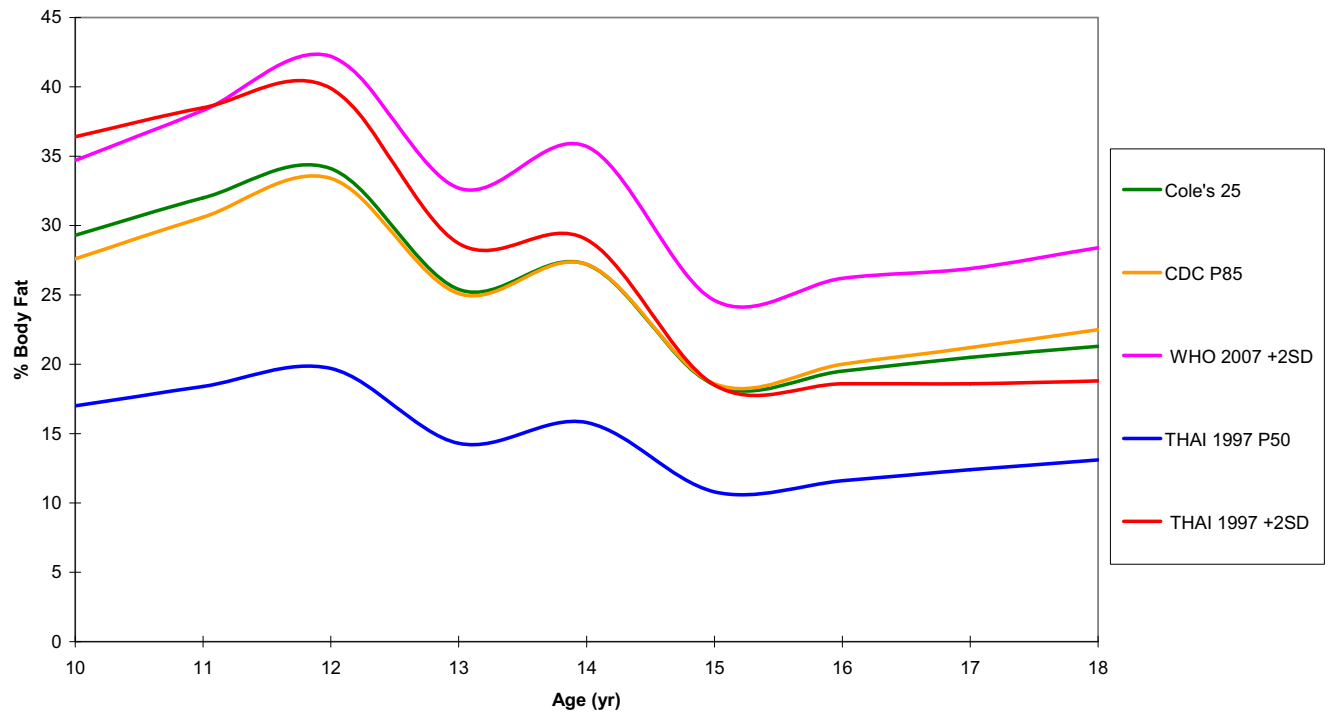
ในเพศหญิงจะยิ่งเห็นชัดเจนว่า IOTF และ CDC reference ไม่เหมาะจะใช้ในเด็กไทย โดยประมาณการเทียบเท่า Body fat 34.6 และ 38.3% สำหรับ cut-off ระดับที่ 2 และเกือบ 30% (28.3 และ 29.2 % ตามลำดับ) ของเด็กอายุ 18 ปี ซึ่งน่าจะซ้ำเกินไปสำหรับการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกิน ขณะที่มาตรฐานไทยเทียบเคียงประมาณค่า 27.2 และ 30% สำหรับ cut-off ระดับที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

3.5.3 สรุปการศึกษา

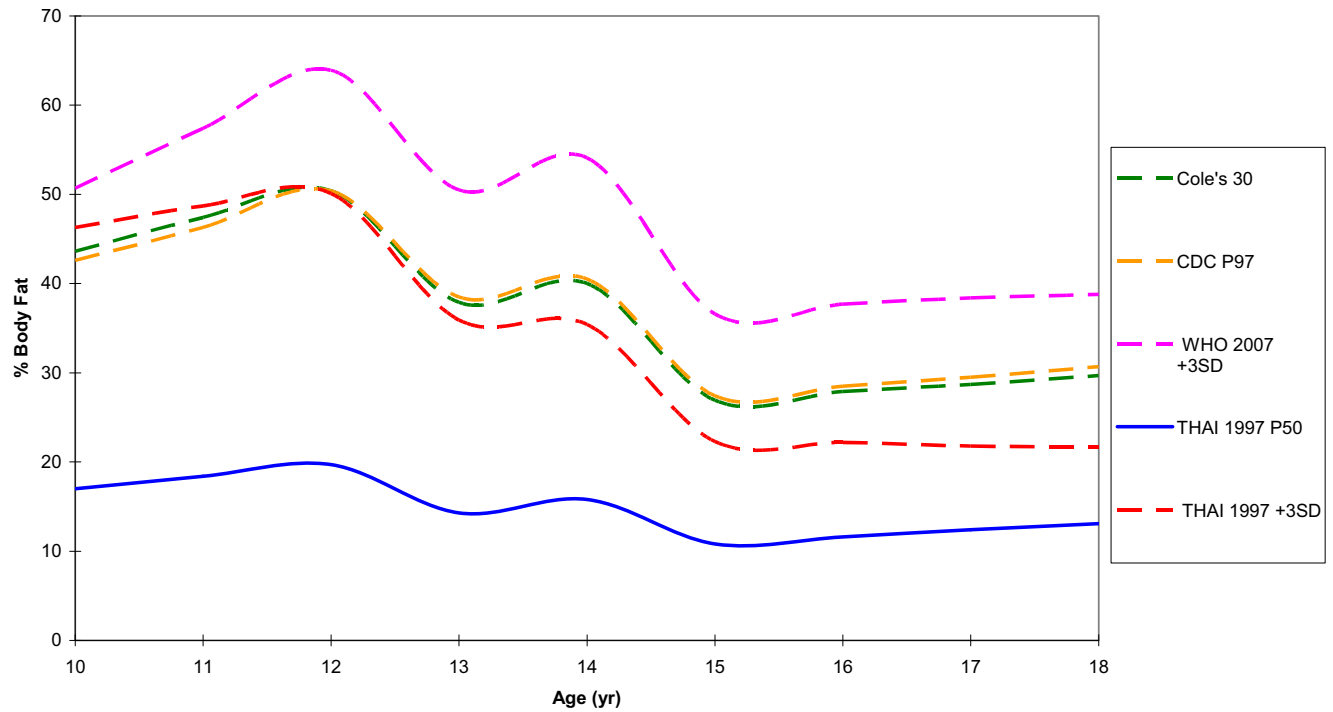
การศึกษานี้ ช่วยเสริมข้อมูลที่ขาดอยู่ คือความสัมพันธ์ของค่า BMI ที่ใช้เป็นเกณฑ์ประเมินภาวะอ้วน กับระดับ % BF ทำให้ผู้ใช้สามารถพิจารณาเลือก BMI cutoff ที่สอดคล้องกับ % BF ที่สนใจ หรือตามวัตถุประสงค์ของแต่ละงานซึ่งเลือกได้เป็นหลายระดับ เช่น ระดับ % BF ที่เป็นเกณฑ์ภาวะอ้วนและเกณฑ์เตือนที่ควรใช้ % BF ที่ต่ำกว่าผลของการศึกษาเพื่อดูจากความสัมพันธ์ของระดับ %BF ที่ประมาณการจากสมการที่พัฒนาขึ้น สนับสนุนแนวคิดที่ว่ามาตรฐานดัชนีมวลกายที่พัฒนาจากเชื้อชาติอื่นซึ่งองค์การอนามัยโลกและองค์การสากลอื่นๆ แนะนำให้ใช้อาจไม่เหมาะสมกับการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกินในเด็กไทยโดยที่จะเตือนเร็วไปในเด็ก prepuberty และซ้ำเกินไปในเด็ก post puberty ขณะที่มาตรฐาน BMI for age ที่พัฒนามาจากการสำรวจมาตรฐานการเจริญเติบโตสำหรับเด็กไทย ของกรมอนามัย พ.ศ. 2538 จะมี cut-off ที่สะท้อนระดับ %BF ที่อายุ 18 ปี ที่สอดคล้องใกล้เคียงกับระดับ %Body fat cut-off ที่ใช้กันอยู่ในผู้ใหญ่มากกว่า reference อื่นๆ ดังกล่าว

นอกจากนี้องค์ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรจากการประเมินด้วยเทคนิคต่างๆ จากเทคนิคขั้นสูงรวมถึงเทคนิคอย่างง่าย ที่ได้ในการศึกษานี้จะช่วยให้สามารถพัฒนาตัวชี้วัดที่นำไปสู่การใช้ในระบบบริการสาธารณสุข

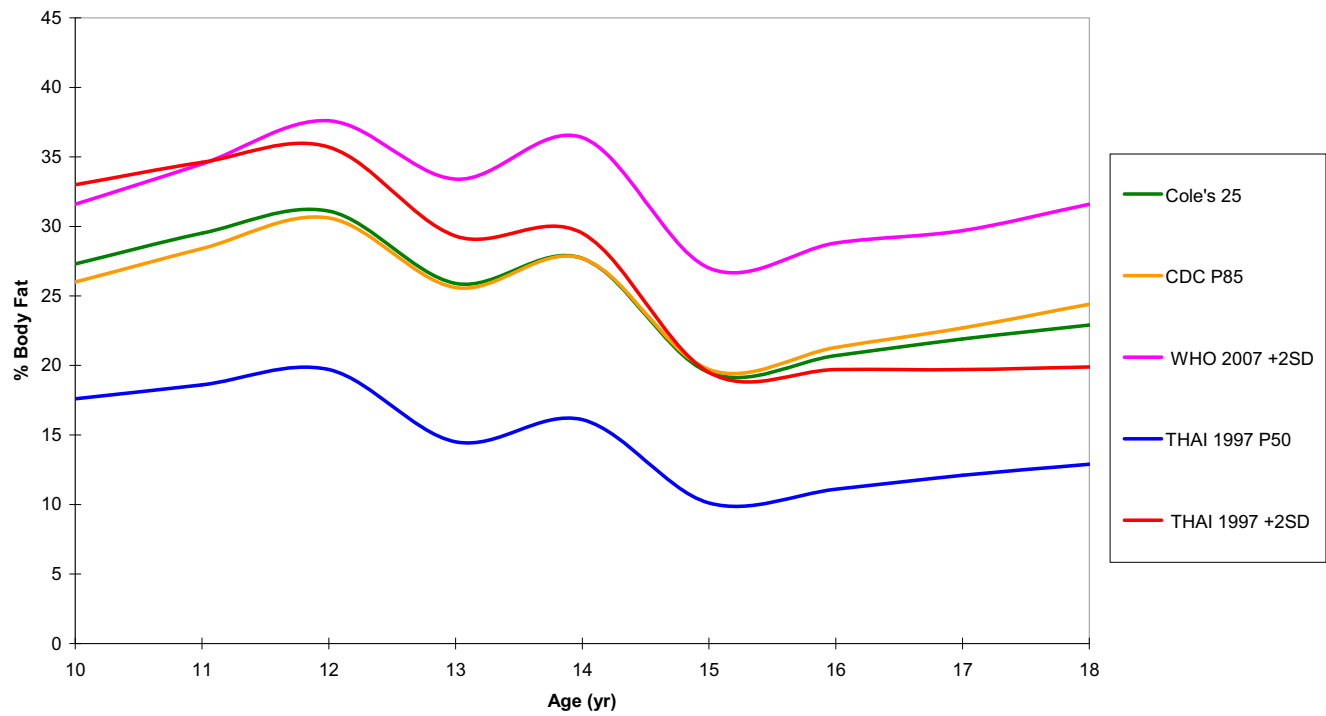
รูปที่ 72 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



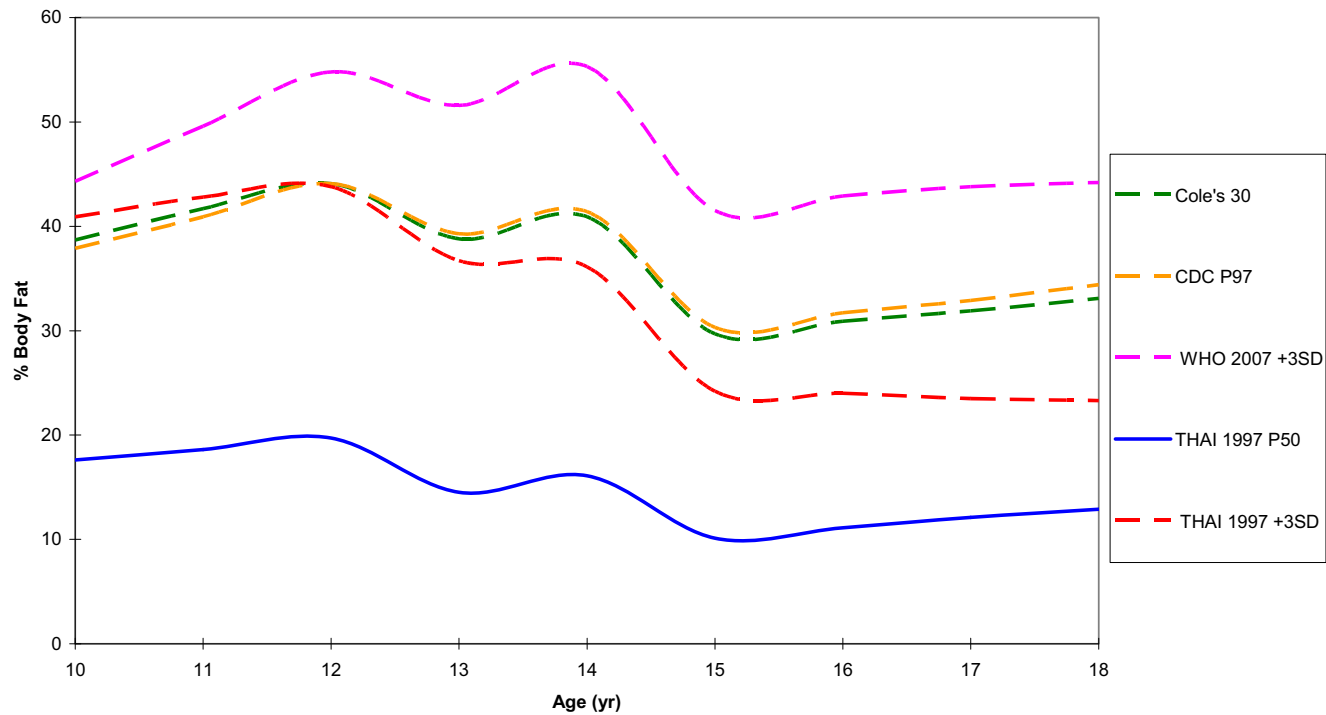
รูปที่ 73 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



รูปที่ 74 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1

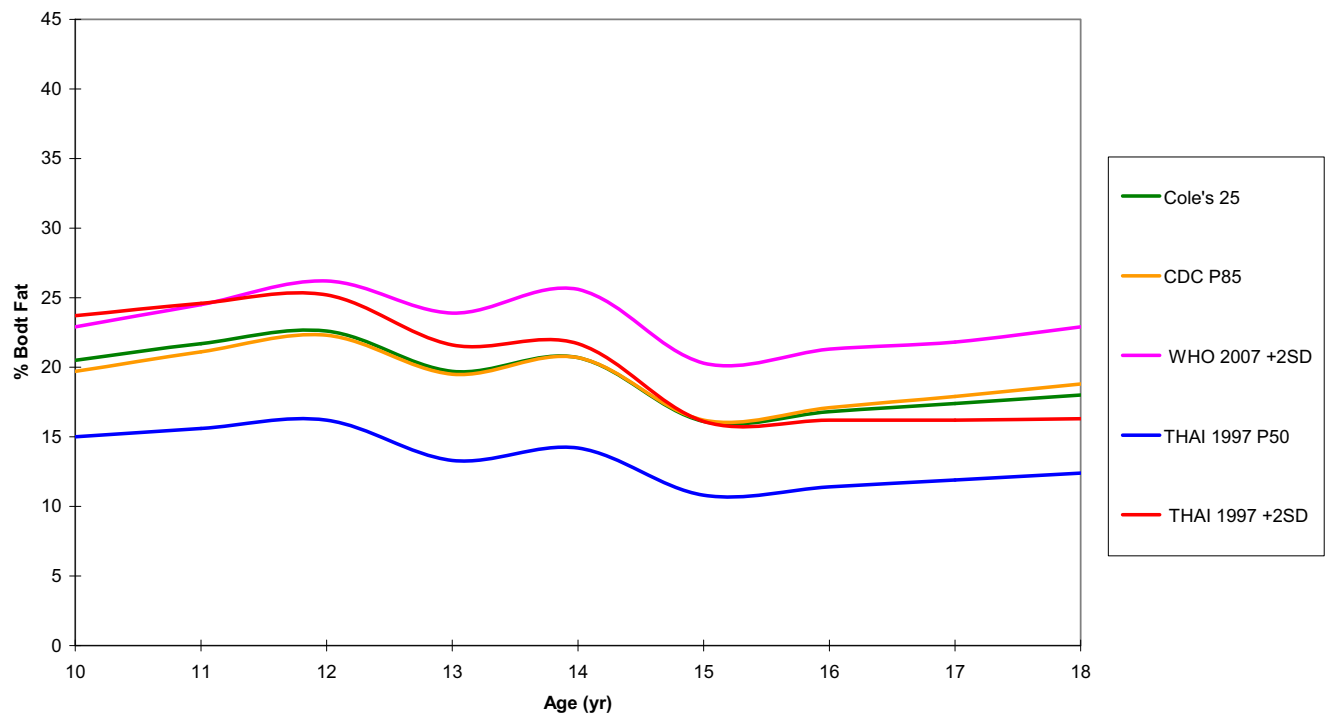


รูปที่ 75 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



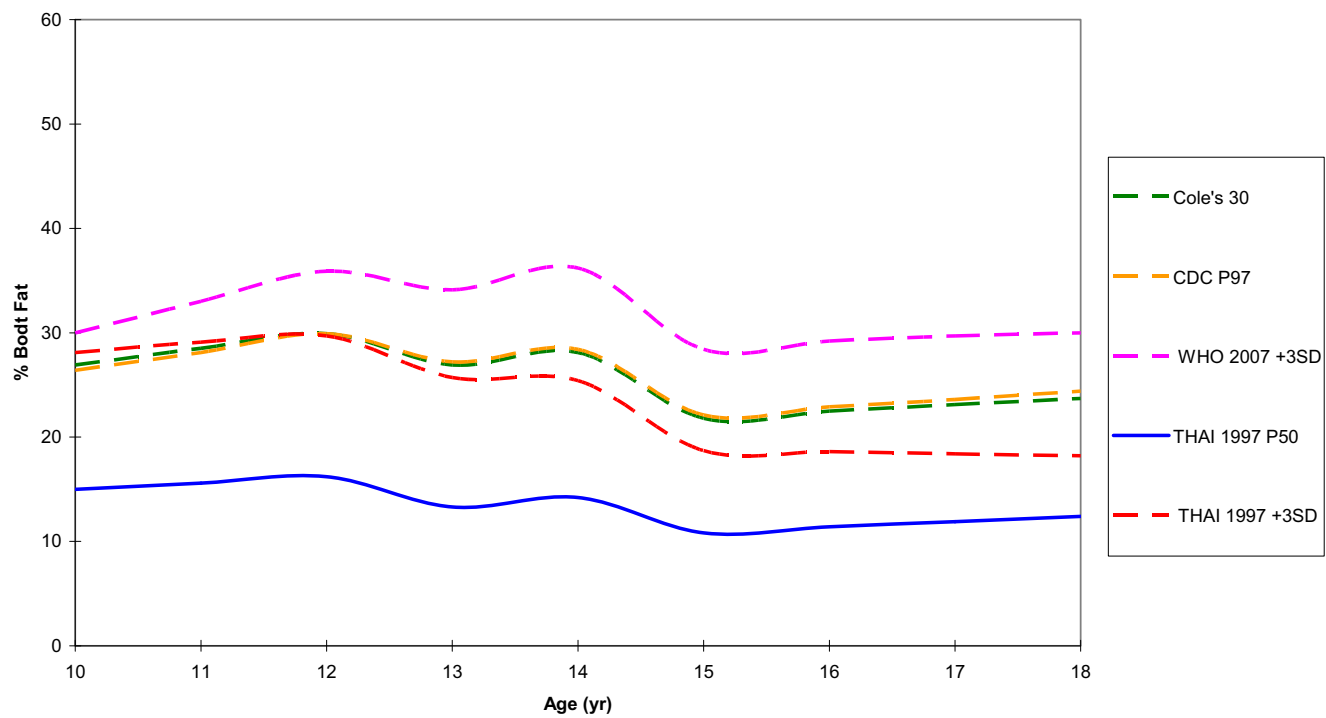
รูปที่ 76

%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF Eq_SKF50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1

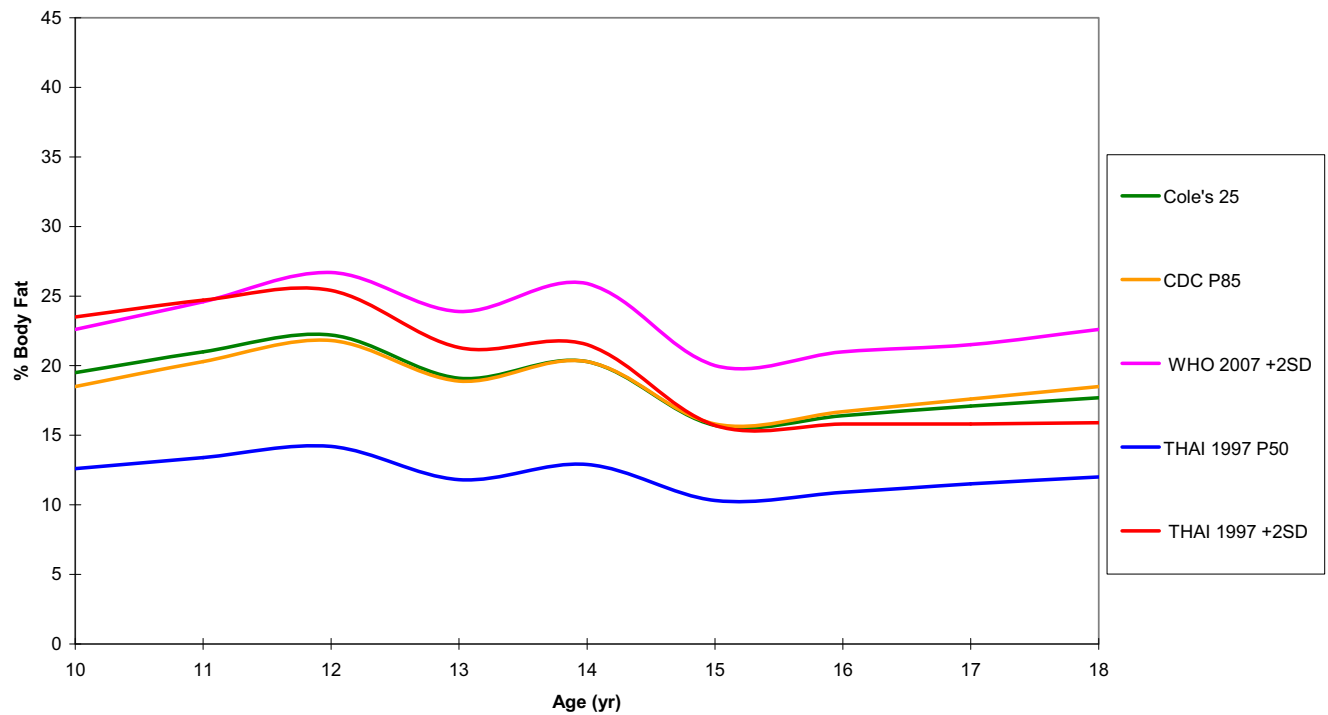


รูปที่ 77

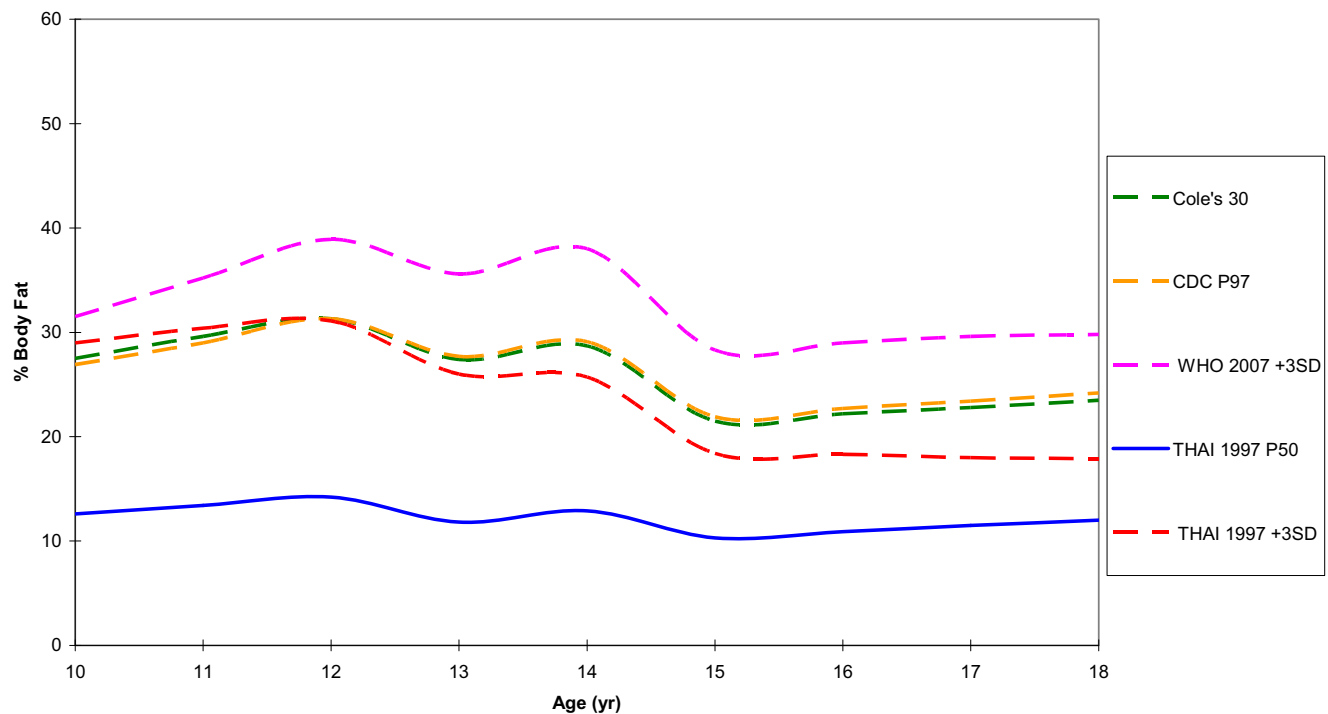
%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF Eq_SKF50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



รูปที่ 78 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA_TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1

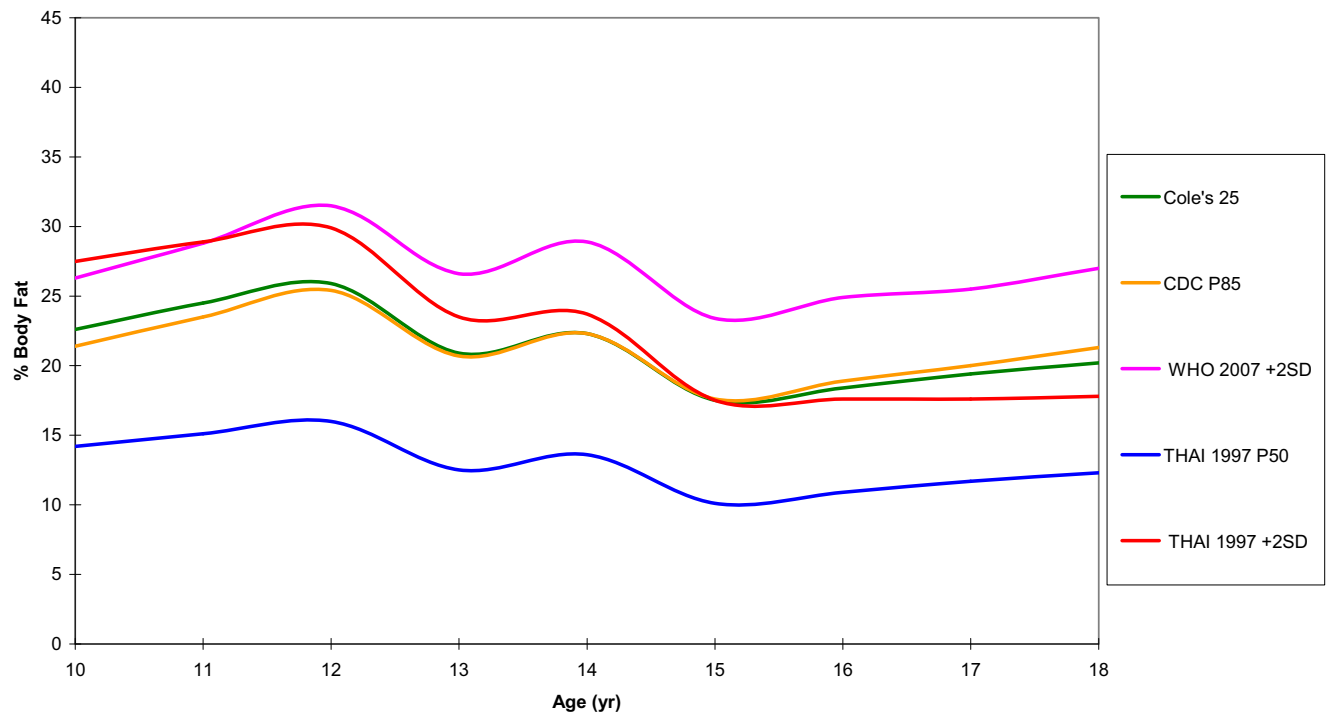


รูปที่ 79 %Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA_TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



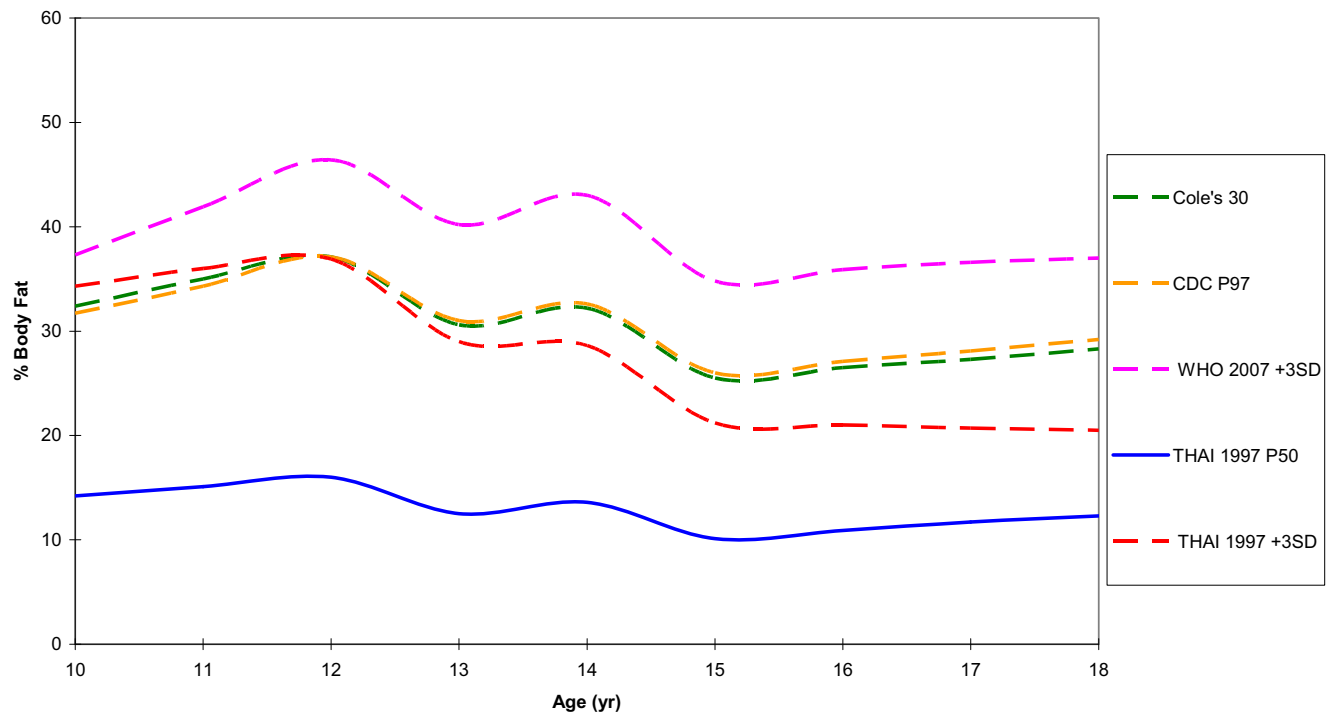
รูปที่ 80

%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF SLA_TS_W ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



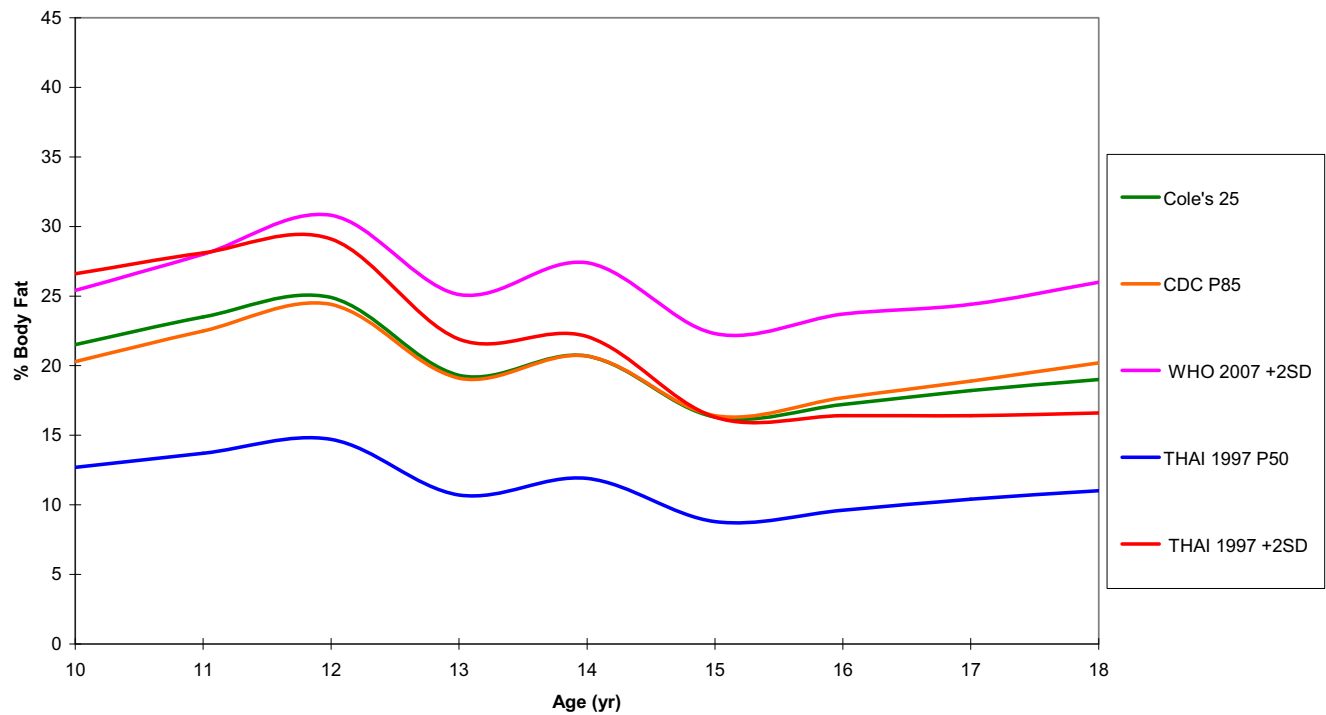
รูปที่ 81

%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF SLA_TS_W ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



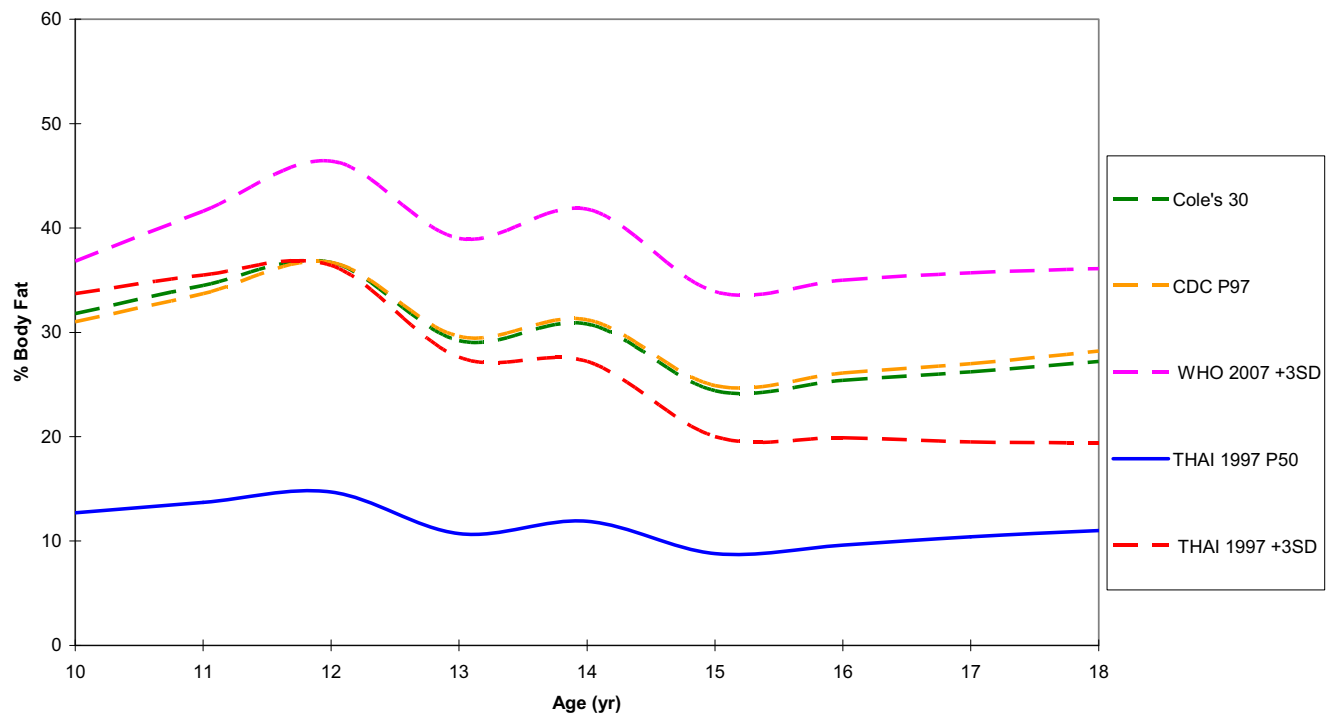
รูปที่ 82

%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF SLA_TS_B ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



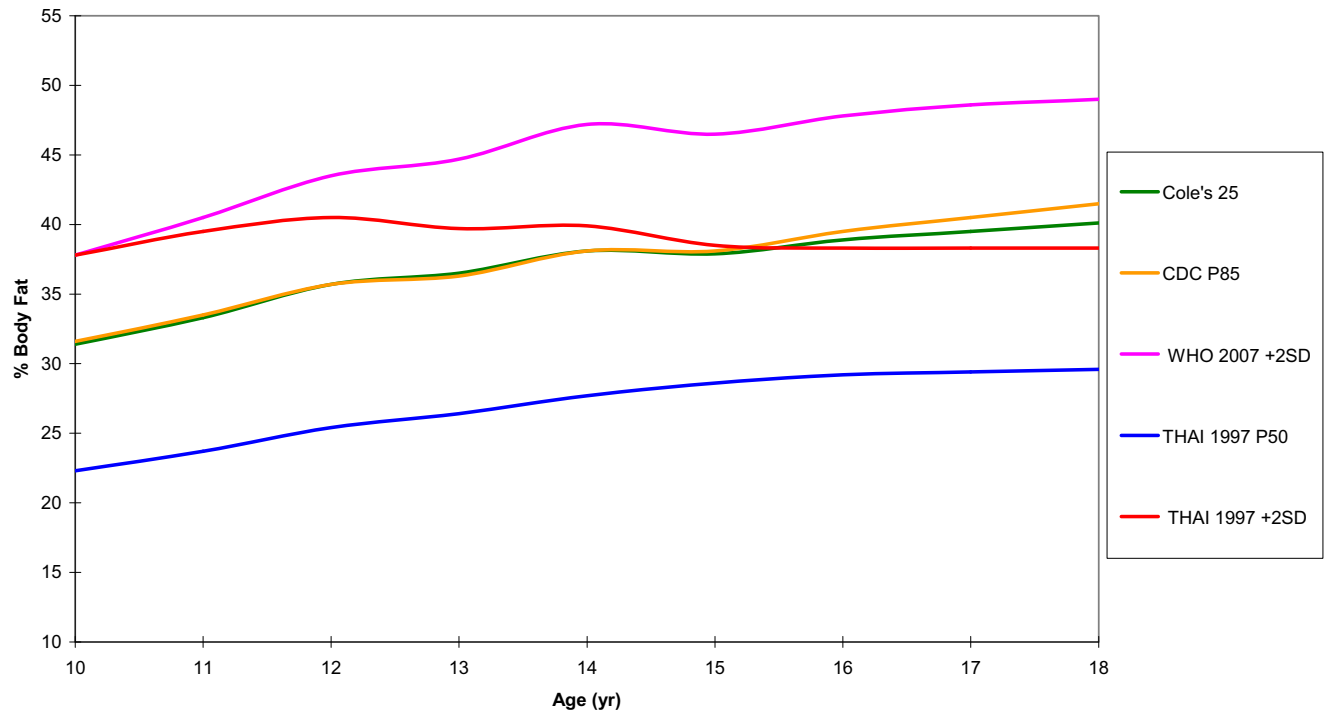
รูปที่ 83

%Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ
%BF SLA_TS_B ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



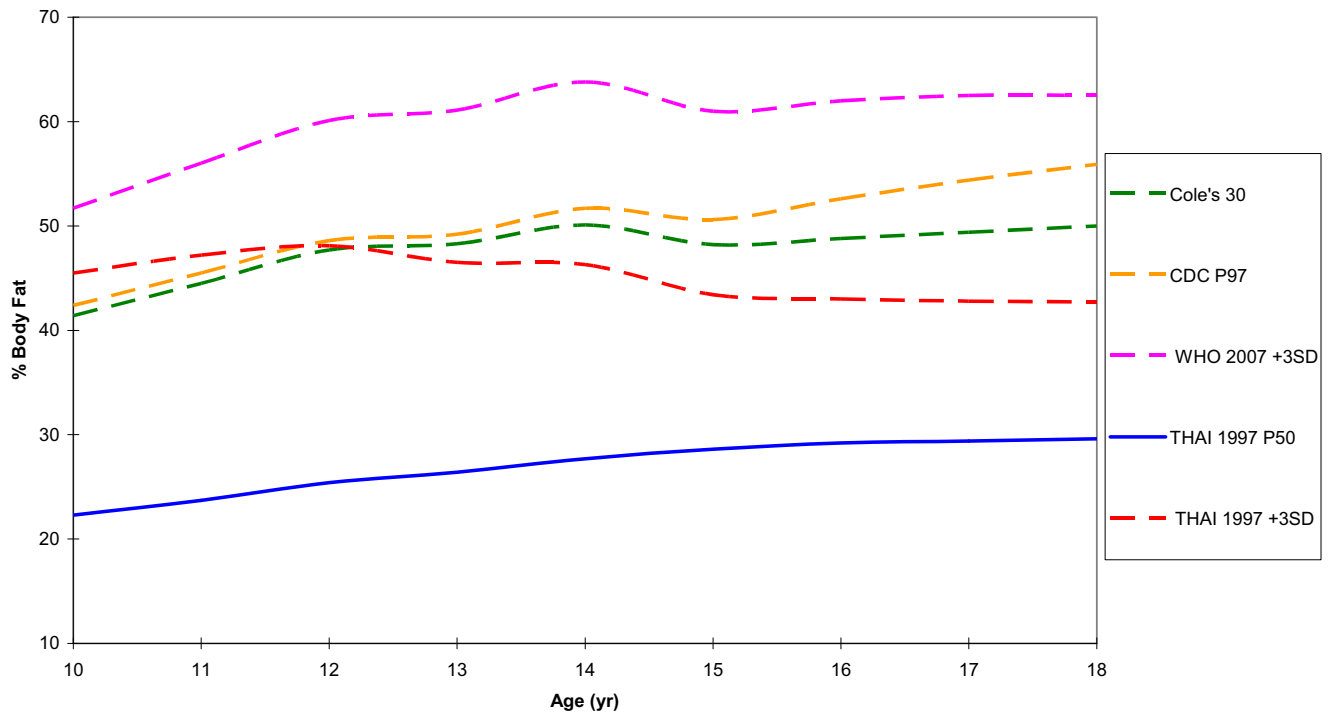
รูปที่ 84

%Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1

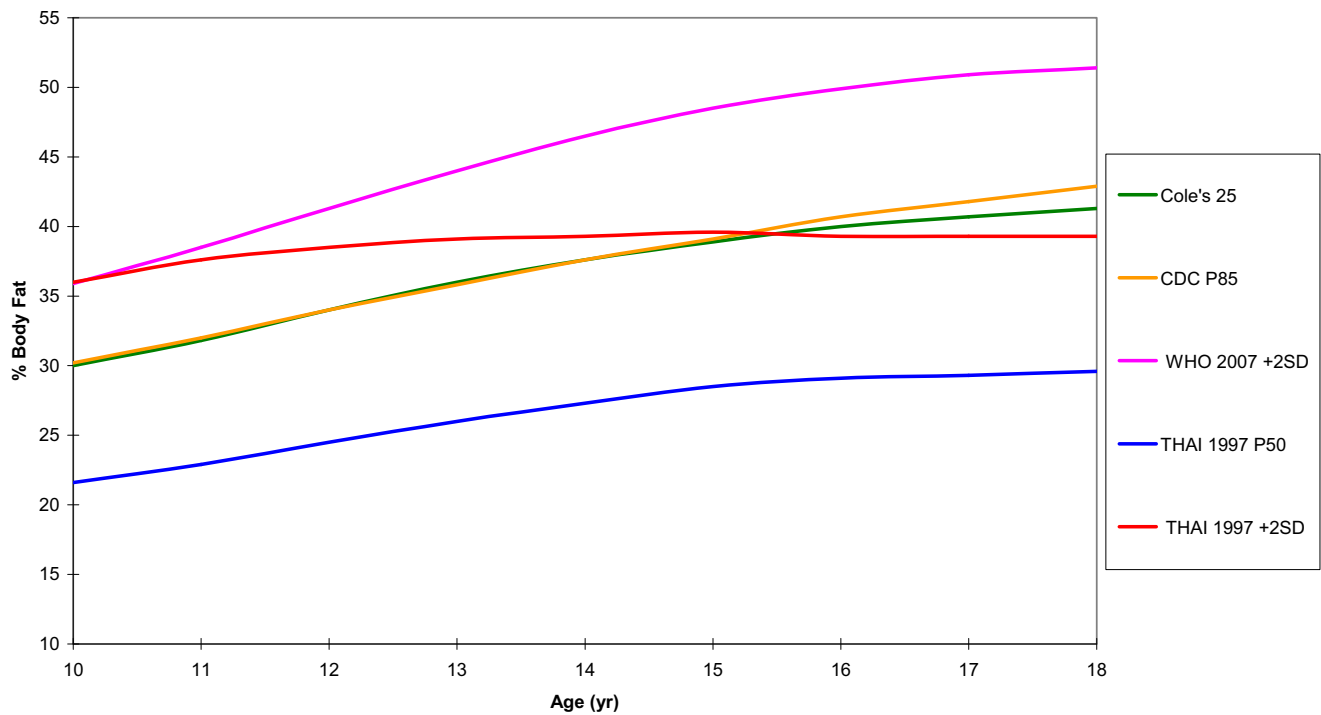


รูปที่ 85

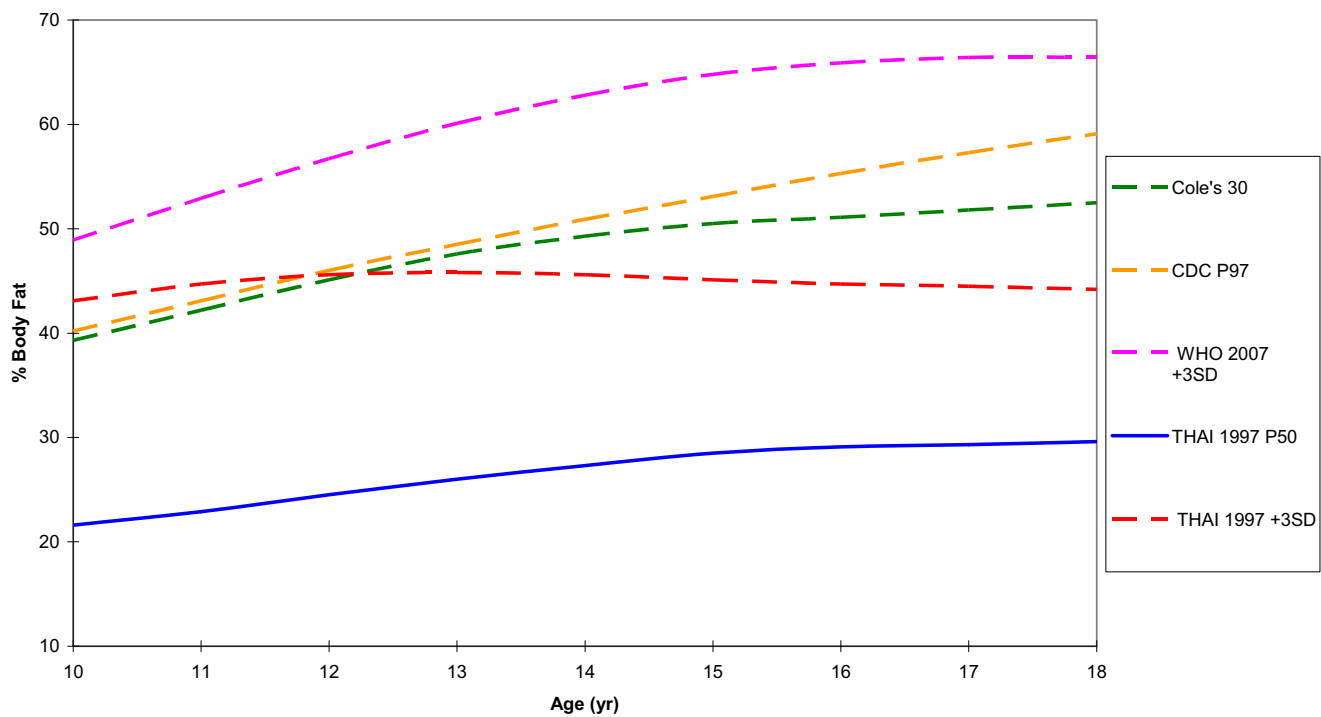
%Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq3 ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



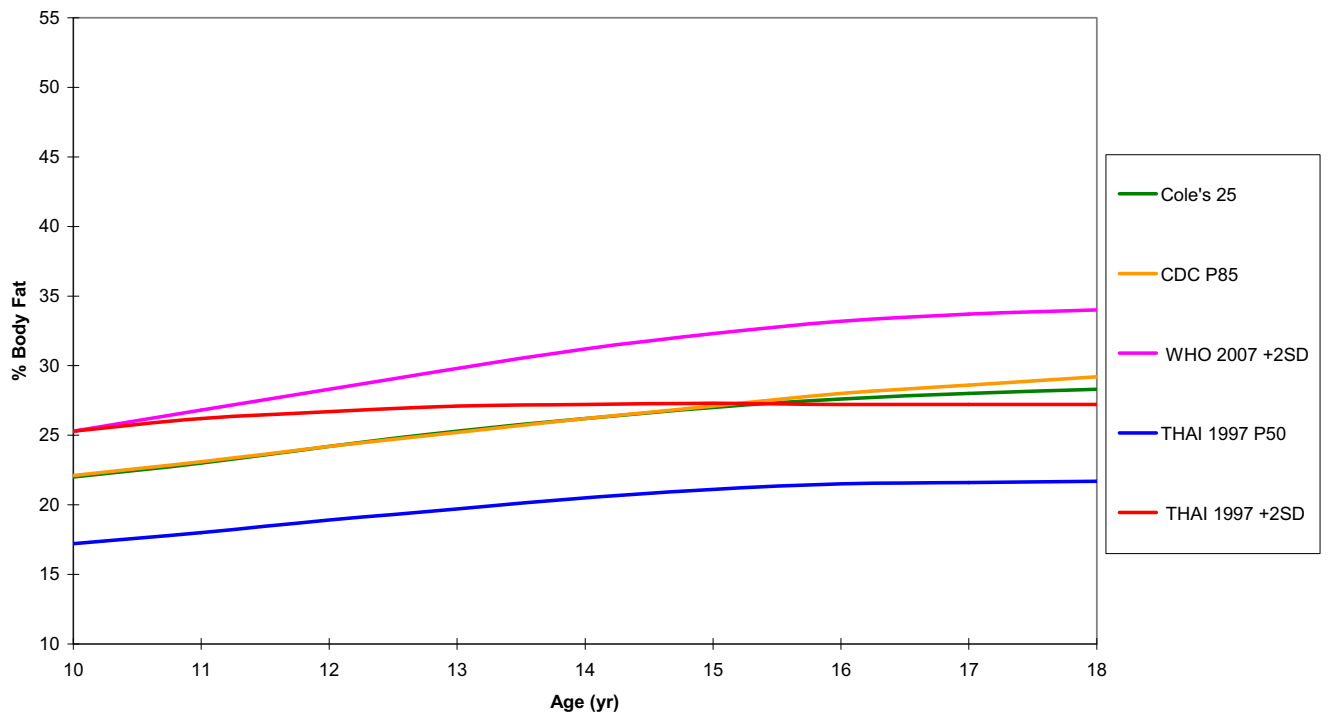
รูปที่ 86 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50 (all age group) ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



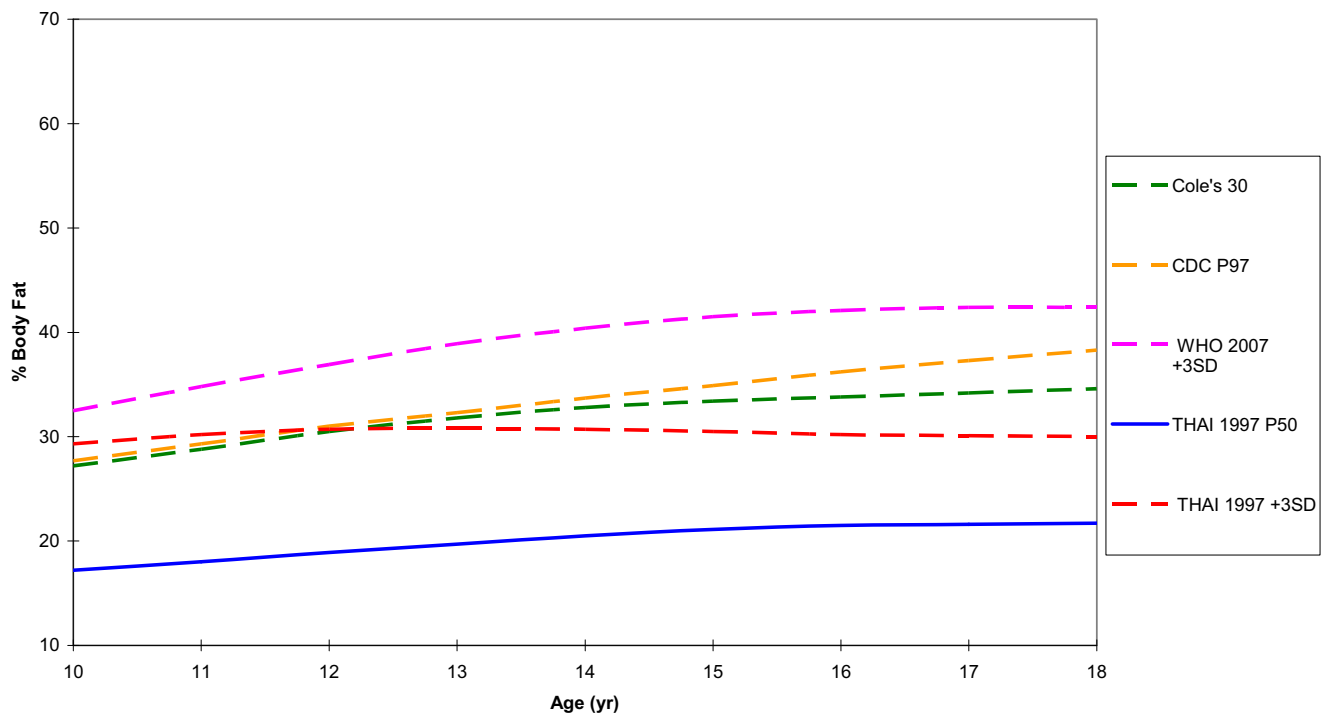
รูปที่ 87 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50 (all age group) ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



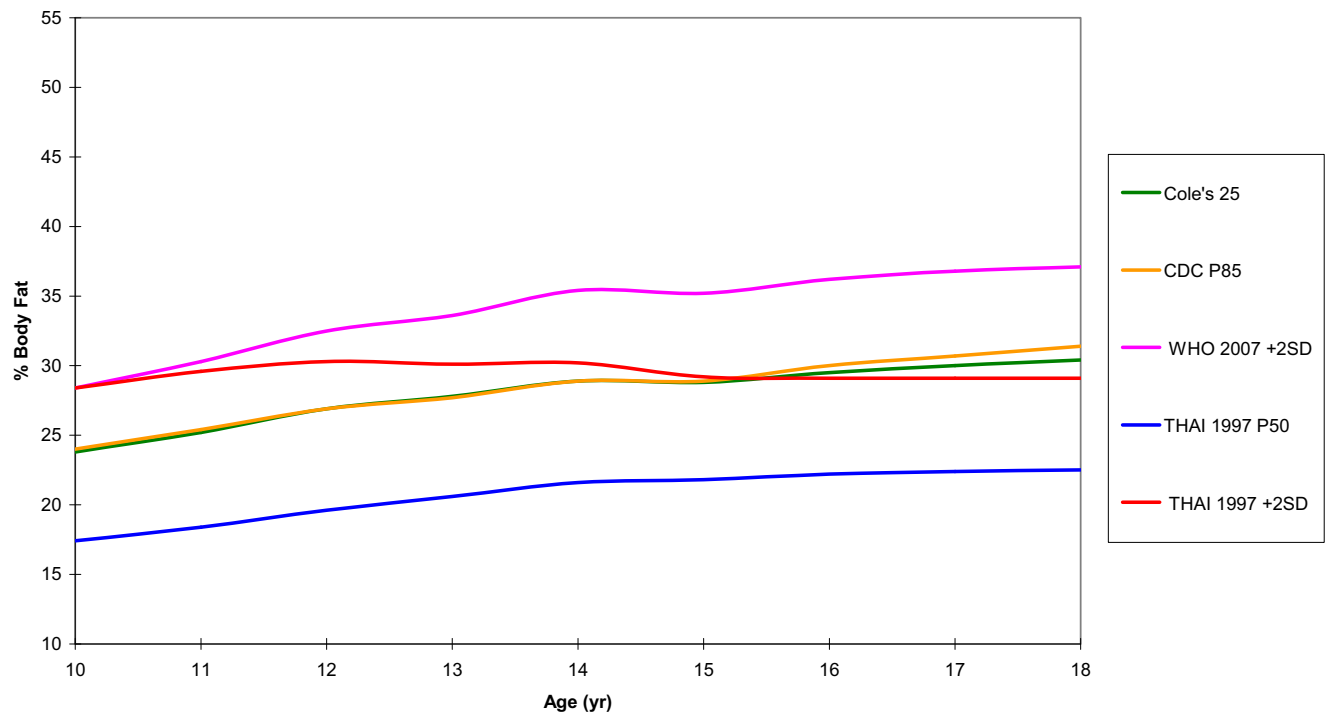
รูปที่ 88 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



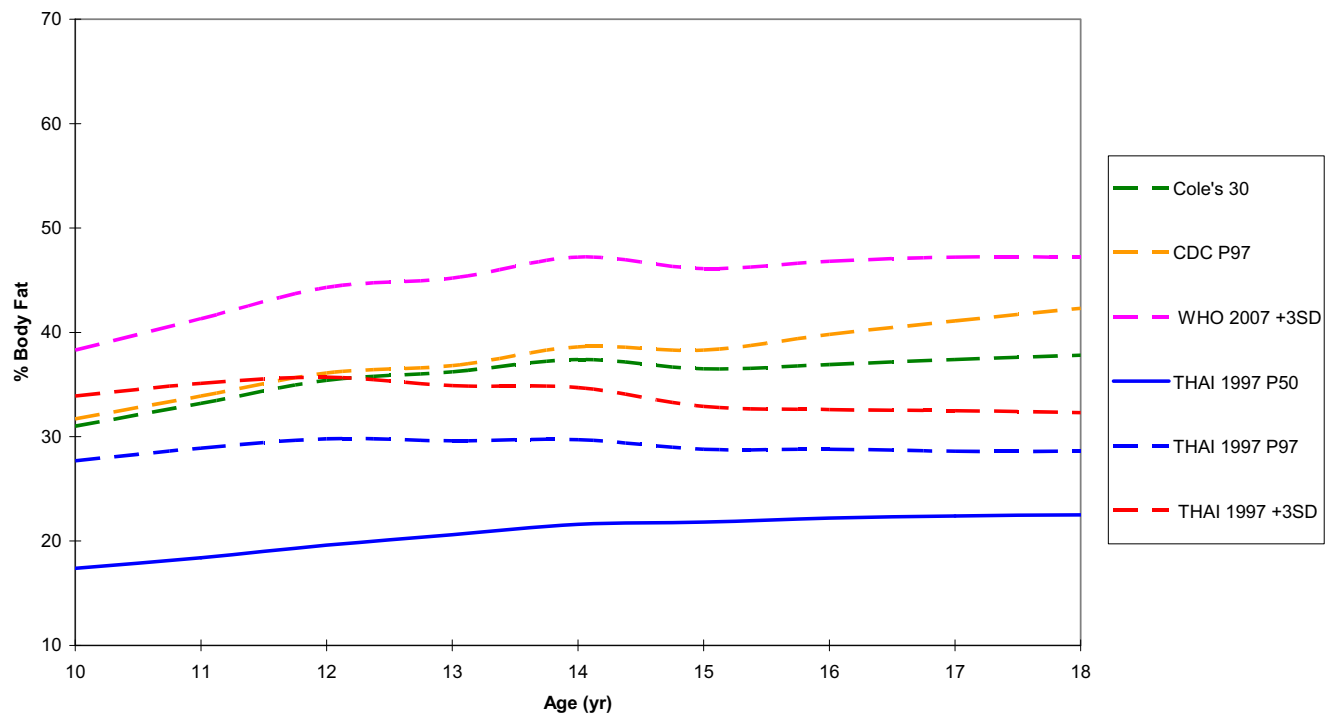
รูปที่ 89 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF Eq_SKF50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



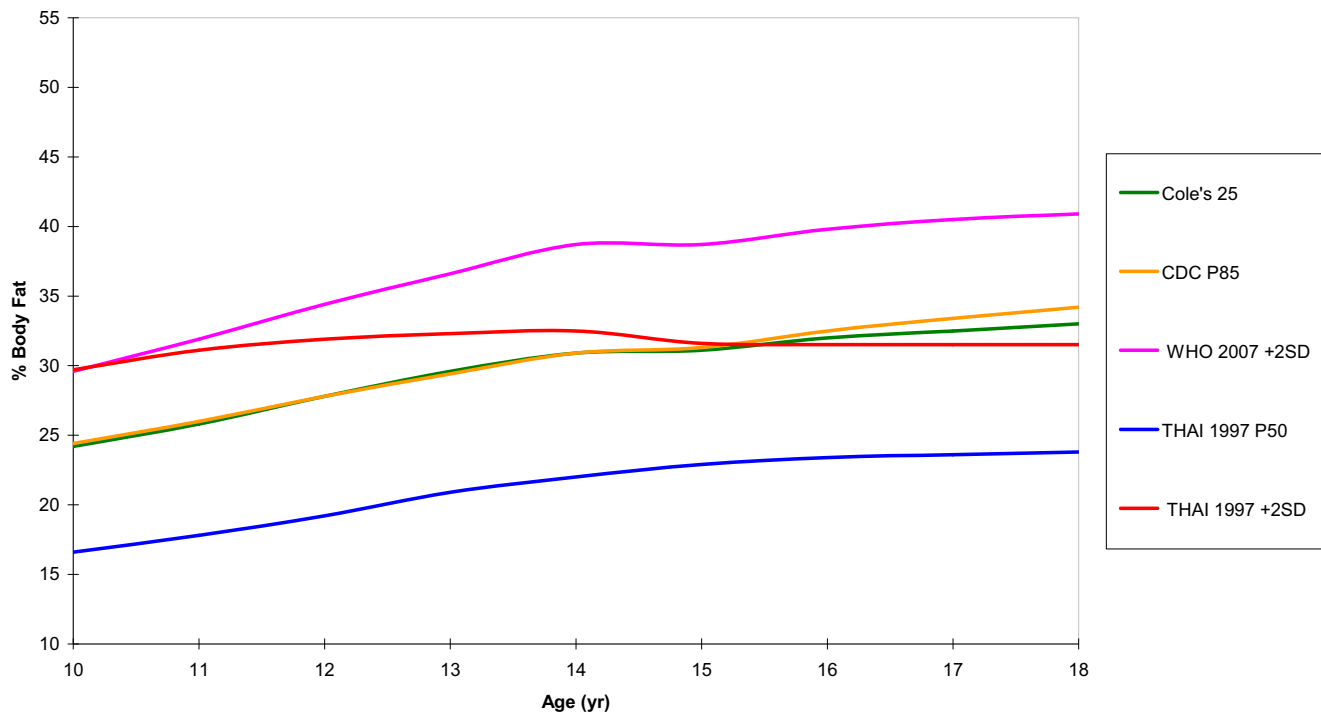
รูปที่ 90 %Body fat ของเพศหญิงที่คำนวณจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



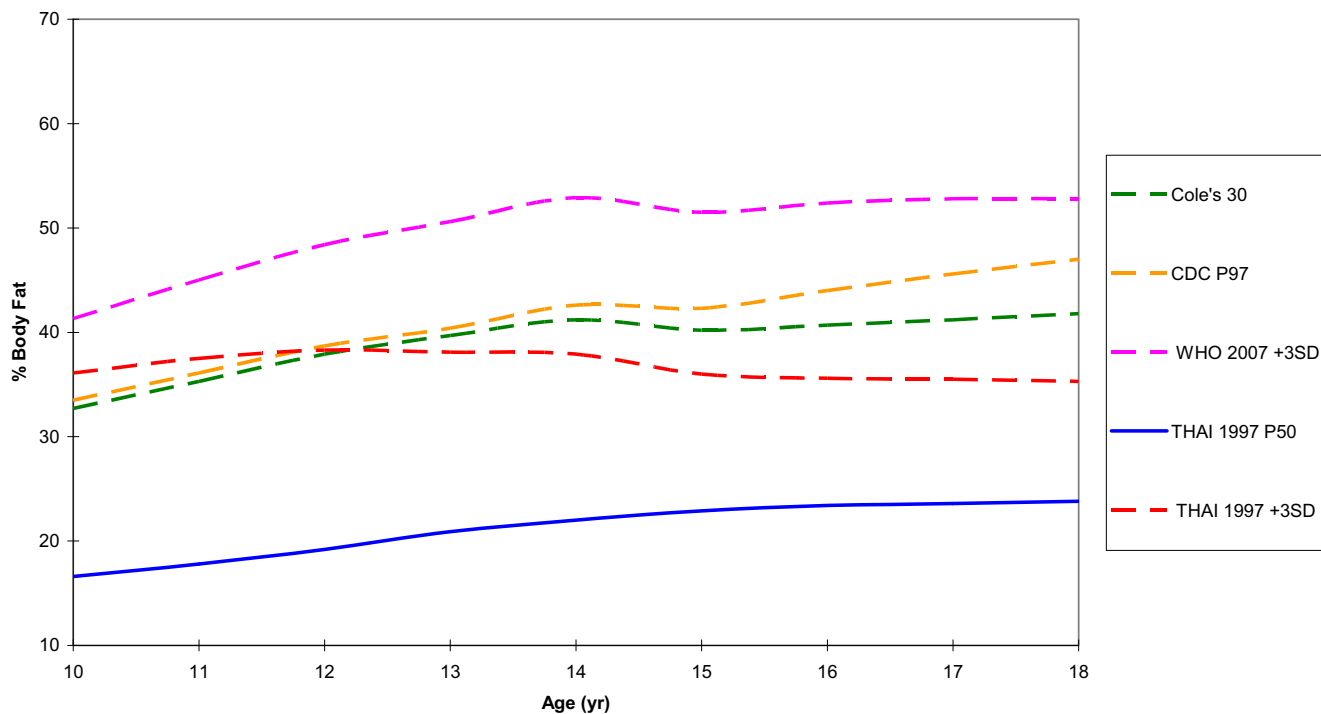
รูปที่ 91 %Body fat ของเพศหญิงที่คำนวณจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA TC ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



รูปที่ 92 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA TS ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 1



รูปที่ 93 %Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการระหว่าง BMI กับ %BF SLA TS ของ BMI reference ต่างๆ ที่ Obesity cut-off level ที่ 2



4. ข้อเสนอแนะ และการนำไปใช้

4.1 แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย

แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกายทั้ง 2 ชุด เมื่อเทียบกับ Actigraph ได้ค่าที่ยอมรับได้ มีความง่ายต่อการกรอก อย่างไรก็ดี เนื่องจากเป็นการกรอกข้อมูลเอง (self administration) ดังนั้นการนำไปใช้ ควรเน้นการให้คำแนะนำการกรอกข้อมูล และตรวจเช็คความเป็นไปได้ของการกรอกข้อมูล ยกตัวอย่าง เช่น ระยะเวลาในการทำแต่ละกิจกรรมสอดคล้องกับค่าโดยเฉลี่ยทั่วไปหรือไม่ เพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูล

4.2 การศึกษาดัชนีชี้วัดเส้นรอบเอวและความสัมพันธ์ต่อไขมันร่างกายในวัยรุ่น

การศึกษาเส้นรอบเอว พบว่าในทั้งวัยรุ่นชายและหญิง การวัดเส้นรอบเอวในลักษณะทั้ง 4 แบบ เส้นรอบเอวทุกแบบ จะได้ค่าความสามารถในการทำนายปริมาณไขมันช่องท้อง และการทำนายไขมันทั้งหมดของร่างกายได้ โดยให้ค่าการทำนาย (R^2) ที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากเส้นรอบเอวที่วัดในระดับสะดือ (WC4) เป็นเส้นรอบเอวที่ผู้วัดสามารถวัดได้ง่าย โดยมีตำแหน่งที่แน่นอน เข้าใจง่าย จึงมีข้อเสนอแนะว่าน่าจะใช้เป็นดัชนีในการคัดกรองโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม หากเป็นงานวิจัยซึ่งต้องการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของเส้นรอบเอวในกลุ่มประชากร ก็อาจพิจารณาวัดค่าเส้นรอบเอว ที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่าง lower rib และ iliac crest ซึ่งเป็นวิธีสากลควบคุมไปด้วย

การศึกษาจุดตัดเส้นรอบเอว โดยพิจารณาร่วมกับดัชนีอื่นๆ พบว่าเมื่อใช้ค่าน้ำหนักต่อส่วนสูง (เกณฑ์อ้างอิงเด็กไทย, พ.ศ. 2542) เป็นเกณฑ์ในการคัดกรองเด็กที่มีปัญหาโภชนาการเกิน พบว่าค่าเส้นรอบเอวที่พิจารณาจากค่าน้ำหนักต่อส่วนสูงนี้ จะได้ค่าความไวสูงกว่า แต่ค่าความจำเพาะต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการใช้เกณฑ์ดัชนีมวลกายของ Cole หรือ ใช้เกณฑ์ร้อยละไขมันร่างกายที่มากกว่าร้อยละ 25 ในชายและมากกว่าร้อยละ 30 ในหญิง

จากรายงานการวิจัยต่างๆ ในกลุ่มผู้ใหญ่ พบว่าเส้นรอบเอวที่มีค่ามากเกินไปเกินเกณฑ์อ้างอิงของคนปกติทั่วไป เป็นดัชนีบ่งบอกภาวะอ้วนลงพุง ซึ่งนำไปสู่ภาวะการเกิดโรคเรื้อรังที่ไม่ติดต่อ เช่น โรคเบาหวาน ในการศึกษาเส้นรอบเอวในกลุ่มเด็กอายุ 10 – 18 ปี ในครั้งนี้ ช่วยให้ได้ทราบค่าเส้นรอบเอวที่น่าจะใช้เป็นแนวทางในการคัดกรองเด็กวัยรุ่น ที่มีภาวะโภชนาการเกิน

4.3 การพัฒนาสมการประเมินไขมันจากค่า SKF

สมการที่ใช้ในการประเมินไขมันที่เหมาะสมและให้ค่าที่เชื่อถือได้ จากตารางที่ 19 (โดยต้องศึกษาตำแหน่งวัดที่ถูกต้องดังแสดงในภาคผนวก ท)

Developed percent body fat (%BF) equations from skinfold measurement
compared to percent body fat from DEXA by Sum3 SKF criteria

model	%BF from DEXA	R ²	SEE
male			
Sum3skf < 50 mm 3 age group			
10 – 12 yr	$17.274 + [(0.776 \times \text{Sum3skf}) - (0.127 \times \text{height in cm})]$	0.928	2.343
13 – 14 yr	$13.398 + [(0.774 \times \text{Sum3skf}) - (0.106 \times \text{height in cm})]$	0.935	1.943
15 – 18 yr	$-19.207 + [(0.697 \times \text{Sum3skf}) + (0.090 \times \text{height in cm})]$	0.888	1.929
Sum3skf ≥ 50 mm All age group			
	$47.121 + [(0.214 \times \text{Sum3skf}) - (0.155 \times \text{height in cm})]$	0.611	2.332
female			
Sum3skf < 50 mm 3 age group			
10 – 12 yr	$-8.616 + [(0.477 \times \text{Sum3skf}) + (1.650 \times \text{BMI}) - (0.298 \times \text{weight in kg})]$	0.865	2.279
13 – 14 yr	$0.073 + [(0.358 \times \text{Sum3skf}) + (0.712 \times \text{BMI})]$	0.808	1.930
15 – 18 yr	$-3.422 + [(0.439 \times \text{Sum3skf}) + (0.759 \times \text{BMI})]$	0.772	1.947
Sum3skf < 50 mm All age group			
	$-5.077 + [(0.435 \times \text{Sum3skf}) + (1.169 \times \text{BMI}) - (0.13 \times \text{weight in kg})]$	0.837	2.409
Sum3skf ≥ 50 mm All age group			
	$5.086 + [(0.311 \times \text{Sum3skf}) + (0.596 \times \text{BMI})]$	0.629	2.497
Sum3skf = Sum skin fold of triceps, suprailiac oblique and calf in mm.			

เนื่องจากข้อสังเกตค่าคาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบของค่า %BF จากเครื่อง DEXA ซึ่งสัมพันธ์ทางบวกกับ %BF จาก 4C จึงควรมีการ adjust ค่า %BF จากเครื่อง DEXA ด้วยสมการ

$$\% \text{ Body fat } 4C = 5.156 + (0.561 * \%BF \text{ DEXA})$$

4.4 การเลือกเกณฑ์ชี้วัดโภชนาการเกินโดย BMI for age จากค่าประมาณการของ%Body fat

การเลือก BMI for Age Reference โดยพิจารณาจาก cut-off ที่มีความสอดคล้องกับระดับ %Body fat ซึ่งแนะนำให้ใช้ในการประเมินภาวะโภชนาการเกินในเด็กอายุ 18 ปี ของแต่ละเพศ ซึ่งผล การศึกษานี้เสนอแนะให้พิจารณาจากข้อมูลค่าประมาณการเปรียบเทียบ % Body fat ของ ค่า BMI cut-off ของ Reference ต่างๆ ในเพศชายและเพศหญิง จากตารางที่ 45 และ 51 ตามลำดับ จาก การศึกษานี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า BMI for Age จากมาตรฐานการเจริญเติบโตสำหรับเด็กไทย ของ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ชุดปัจจุบัน (พ.ศ. 2538) มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการเฝ้าระวัง ภาวะโภชนาการเกินในเด็กไทย

BMI for Age reference for Thai Children and Adolescents by MOPH 1997

AGE(Yr)	MALE				FEMALE			
	Median	1.5SD	2SD	3SD	Median	1.5SD	2SD	3SD
2	16.4	18.3	18.9	20.1	15.9	17.9	18.5	19.7
3	16.0	18.0	18.7	20.1	15.7	17.8	18.5	19.9
4	15.6	17.9	18.6	20.1	15.4	17.8	18.6	20.2
5	15.3	18.0	18.8	20.5	15.2	17.9	18.8	20.7
6	15.2	18.2	19.1	21.0	15.1	18.3	19.3	21.4
7	15.3	18.5	19.6	21.8	15.1	18.7	19.9	22.4
8	15.5	19.1	20.3	22.8	15.3	19.5	20.8	23.5
9	15.8	19.8	21.1	23.8	15.6	20.2	21.7	24.7
10	16.2	20.5	21.9	24.8	16.1	21.0	22.6	25.8
11	16.6	21.0	22.5	25.5	16.7	21.7	23.3	26.5
12	17.0	21.4	22.9	25.9	17.4	22.1	23.7	26.9
13	17.6	21.8	23.2	26.0	18.1	22.5	24.0	27.0
14	18.2	22.1	23.3	25.8	18.7	22.7	24.1	26.9
15	18.7	22.2	23.3	25.6	19.2	23.0	24.2	26.7
16	19.2	22.4	23.4	25.5	19.5	22.9	24.1	26.5
17	19.7	22.5	23.4	25.3	19.6	23.0	24.1	26.4
18	20.1	22.7	23.5	25.2	19.7	23.0	24.1	26.3
19	20.4	22.8	23.6	25.2	19.8	23.1	24.1	26.2
20	20.7	23.1	23.8	25.3	19.8	23.1	24.1	26.2

Body fat ของเพศชายที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF

Eq_skf50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆ

AGE(Yr)	Lohman		IOTF		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	Cole's25	Cole's30	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	13.6	22.3	20.5	26.9	19.7	26.4	22.9	30.0	15.0	23.2	23.7	28.1
11	14.4	22.3	21.7	28.5	21.1	28.1	24.5	33.0	15.6	24.1	24.6	29.1
12	14.7	23.8	22.6	29.9	22.3	29.9	26.2	35.9	16.2	24.7	25.2	29.7
13	11.8	21.3	19.7	26.9	19.5	27.2	23.9	34.1	13.3	21.0	21.6	25.7
14	13.2	23.5	20.7	28.1	20.7	28.4	25.6	36.2	14.2	21.3	21.7	25.4
15	10.1	18.0	16.1	21.8	16.2	22.1	20.3	28.4	10.8	15.7	16.1	18.7
16	10.6	19.7	16.8	22.5	17.1	22.9	21.3	29.2	11.4	15.8	16.2	18.6
17	10.9	20.3	17.4	23.1	17.9	23.6	21.8	29.7	11.9	16.0	16.2	18.4
18	11.1	21.2	18.0	23.7	18.8	24.4	22.9	30.0	12.4	16.1	16.3	18.2

สูตร กลุ่มอายุ 10-12 ปี %BF = -9.625+1.520*BMI
 กลุ่มอายุ 13-14 ปี %BF = -12.715+1.478*BMI
 กลุ่มอายุ 15-18 ปี %BF = -10.632+1.146*BMI

%Body fat ของเพศหญิงที่ทำนายจากสมการ simple correlation ระหว่างค่า BMI กับ %BF

Eq_skf50_4C ของ BMI reference ต่างๆ ที่ cut-off ระดับต่างๆสูตร

AGE(Yr)	Lohman		Cole's		CDC		WHO 2007		THAI 1997			
	Lower	Uper	25.0	30.0	P85	P97	+2SD	+3SD	P50	P97	+2SD	+3SD
10	17.9	26.5	22.0	27.2	22.1	27.7	25.3	32.5	17.2	24.8	25.3	29.3
11	18.2	27.1	23.0	28.8	23.1	29.3	26.8	34.8	18.0	25.7	26.2	30.2
12	18.2	27.7	24.2	30.5	24.2	31.0	28.3	36.9	18.9	26.3	26.7	30.7
13	19.0	27.7	25.3	31.8	25.2	32.3	29.8	38.9	19.7	26.7	27.1	30.8
14	19.0	28.3	26.2	32.8	26.2	33.7	31.2	40.4	20.5	26.8	27.2	30.7
15	19.0	28.3	27.0	33.4	27.1	34.9	32.3	41.5	21.1	27.0	27.3	30.5
16	19.0	28.3	27.6	33.8	28.0	36.2	33.2	42.1	21.5	27.0	27.2	30.2
17	19.0	29.6	28.0	34.2	28.6	37.3	33.7	42.4	21.6	26.8	27.2	30.1
18	19.6	31.2	28.3	34.6	29.2	38.3	34.0	42.4	21.7	26.8	27.2	30.0

%BF = -2.813+1.246*BMI

5. งานที่ต้องวิจัยขั้นต่อไป

5.1 แบบสอบถามการเคลื่อนไหวร่างกาย

ควรจะมีการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งเกณฑ์คะแนน (scoring) สามารถนำไปใช้ในเชิงระบาดวิทยาเพื่อบอกระดับการเคลื่อนไหวร่างกาย เพื่อนำไปสู่การให้ความรู้ให้เป็นไปตามข้อแนะนำการออกกำลังกายและการเคลื่อนไหวร่างกายในเด็ก

5.2 การศึกษาดัชนีชี้วัดเส้นรอบเอว

การพิจารณาค่าจุดตัดเส้นรอบเอว เพื่อใช้เป็นดัชนีคัดกรองเด็กไทยนั้น ควรได้มีการศึกษาเพิ่มเติม ถึงความสัมพันธ์ของค่าเส้นรอบเอวดังกล่าว กับค่าทางชีวเคมีในเลือดที่ผิดปกติ หรือค่าบ่งบอกสมรรถภาพร่างกายที่ด้อยลง ซึ่งจะช่วยให้การวัดค่าเส้นรอบเอวดังกล่าว ไปใช้คัดกรองเด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 การพัฒนาสมการประเมินไขมันจากค่า SKF

แม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถพัฒนาสมการ การวัดสัดส่วนของร่างกาย เพื่อประเมินระดับไขมันในร่างกายของเด็กไทยได้ใกล้เคียงกับการประเมินด้วยเครื่อง DEXA scan ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงและมีเฉพาะในโรงพยาบาลใหญ่ๆ ไม่กี่แห่ง ทำให้สามารถใช้สมการที่พัฒนาขึ้นในการสำรวจสุขภาพของเด็กไทยในระดับประชากรทั่วประเทศได้ แต่อย่างไรก็ดี จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า มีข้อจำกัดและต้องการการศึกษาวิจัยขั้นต่อไปคือ

1. การศึกษาการประเมินปริมาณไขมันด้วย 4C ในครั้งนี้จำกัดอยู่ที่กลุ่มอายุประมาณ 17 – 18 ปี และในคนภาวะโภชนาการปกติ ทำให้มีข้อมูลจำกัดในการใช้ปรับแก้ systematic error ของค่าวัดจากเครื่อง DEXA scan จึงควรมีการศึกษา 4C ในกลุ่มวัยอื่นๆ และภาวะโภชนาการอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มตัวอย่างที่มีไขมันร่างกายสูง
2. แม้ว่าจะมีสมการประเมินระดับไขมันด้วยการวัดความหนาของชั้นไขมัน แต่ก็ยังเป็นเทคนิควิธีการที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญจริงๆ ในการวัด skinfold ต่างๆ ทำให้เป็นอีกหนึ่งข้อจำกัดในการใช้เทคนิควิธีการนี้ในการสำรวจหรือบริการสุขภาพ ส่วนเครื่องมือวัดไขมันประเภท BMI เช่น Omron อาจจะสะดวกกว่า มีความเบี่ยงเบนหรือความกว้างของข้อมูลน้อยและต้องการการฝึกฝนในการใช้อุปกรณ์ไม่มากนัก แต่สมการที่ได้มาในเครื่องอาจไม่เหมาะสมกับกลุ่มประชากรไทย จึงควรพัฒนาสมการที่เหมาะสมโดยการใช้ค่าความต้านทานกระแส (impedance) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถอ่านค่าได้จากเครื่องมือประเภท

BMI แทนการใช้ค่า % Body fat จากสมการของเครื่องมือโดยตรง เพื่อให้มีความเป็นไปได้สูงขึ้นในการสำรวจหรือให้บริการตรวจสุขภาพ

5.4 การศึกษาดัชนีกายตามอายุ

แม้ว่า BMI for Age ของมาตรฐานไทยจะค่อนข้างสะท้อนระดับไขมันที่สอดคล้องกับเป้าหมายการเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกิน แต่ก็เป็นการประมาณการจากสมการต่างๆที่พัฒนาขึ้นขณะที่มาตรฐานการเจริญเติบโตของเด็กไทยชุดดังกล่าวมาจากการสำรวจกว่า 10 ปีแล้ว การเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งความสูงของกลุ่มประชากรที่ยังไม่พัฒนาเต็มศักยภาพทางพันธุกรรมซึ่งยังปรากฏในเด็กเอเชียส่วนใหญ่ จะพบว่ายังมี positive secular trend คือยังมีการพัฒนาในด้านความสูงของเด็กอายุเดียวกันที่เพิ่มขึ้นในการสำรวจครั้งต่อไป มาตรฐานการเจริญเติบโตในประชากรที่ยังมี positive secular trend เช่นนี้ควรมีการสำรวจใหม่อย่างน้อยทุก 10 ปี จึงน่าจะเป็นวาระที่ประเทศไทยควรมีการสำรวจมาตรฐานการเจริญเติบโตสำหรับเด็กไทยรอบใหม่แล้ว ซึ่งถ้ามีการสำรวจใหม่ควรเพิ่มการประเมิน %BF รวมอยู่ในตัวแปรสำคัญของการสำรวจ และหากมีค่าวัดความดันโลหิตและ/หรือ ค่าทางชีวเคมีในเลือดด้วยที่สะท้อนระดับไขมันในเลือดจะช่วยให้การกำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังภาวะโภชนาการเกิน สามารถทำได้เหมาะสมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. วณิชชา กิจวรพัฒน์ ญัฐวรณ เซาวนลิลิตกุล, แสงโสม สีนะวัฒน์, ลือชา วรรัตน์ รายงานการศึกษาโครงการสุ่มสำรวจภาวะโภชนาการเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี กองโภชนาการ กระทรวงสาธารณสุข 2539
2. Mo-Suwan L, Junjana C, Puetpaiboon A. Increasing obesity in school children in a transitional society and the effect of the weight control program. Southeast Asian J Med Public Health 1993. 24: 590-594
3. Tiemboon P, Fuchs G, Limpisam S, Yutrabootr Y and Suskind R. Prevalence of obesity in Chiangmai boys เชียงใหม่วารสาร 2534; 3 (Suppl) : 63
4. Langendijk G, Van Wyk M, Wellings S. Prevalence and patterns of obesity in seven to nine year old children in urban Khon Kaen, Northeast Thailand. Thesis
5. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่4 พ.ศ.2538 หน้า 104
6. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, รายงานการสำรวจภาวะอาหารและโภชนาการของประเทศไทย ครั้งที่3 พ.ศ.2529 หน้า 59
7. Kijboonchoo K, Thasanasuwan W, Yamborisut U. Nutrifit program to improve health-related fitness among young Thai school children, Food and Nutrition Bulletin 1999. 202; 231-7
8. Kijboonchoo K, Thasanasuwan W, Jengtee D, Kongsakpornchai C, Chittchang U, Russamesopaporn V, and Srichan W. KAP of food nutrition and physical activity PA among Thai School Children aged 9-12 years. In: Proceeding of the 3rd Asian Congress of Dietetics Kuala Lumpur, Malaysia 2002.
9. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2543. คู่มือ แนวทางการใช้เกณฑ์อ้างอิงน้ำหนักส่วนสูง เพื่อประเมินภาวะการเจริญเติบโตของเด็กไทย
10. กัลยา กิจบุญชู และคณะ รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องทบทวนวรรณกรรมการพัฒนารูปแบบการประเมินการเคลื่อนไหวร่างกายและปริมาณไขมันร่างกายที่เชื่อถือได้และแม่นยำตรงสำหรับคนไทย พ.ศ.2546 หน้า 54
11. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM&Dietz WH Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwid : international survey. Br Med J. 2000. 320: 1240-1243
12. Deurenberg P, Deurenberg – Yap M. Differences in body composition assumptions across ethnic groups : practical consequences. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2001. Sept; 4 (5): 371-83

13. Wang J, Thomson JC, Russell M, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RJ Jr. Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites : comparison of anthropometric measurement. *Am J Clin Nutr.* 1994, 60:238
14. Montoye HJ, Kemper CG, Saris WHM, Washburn RA. *Measuring Physical Activity and Energy Expenditure.* Champaign, IL: Human Kinetics; 1996.
15. Zhu W. Score equivalence is at the heart of international measures of physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2000;71(2):121-128.
16. Kriska AM, Caspersen CJ. Introduction to a collection of physical activity questionnaires. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1997;29(6 suppl):S5-S9.
17. Safrit MJ, Wood TM, editors. *Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science.* Champaign, IL: Human Kinetics; 1989.
18. Paffenbarger Jr. RS, Blair SN, Lee I-M, Hyde RT. Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1993;25(1):60-70.
19. Greenbaum TL. *The handbook for focus group research.* New York: Macmillan; 1993.
20. Patterson P. Reliability, validity, and methodological response to the assessment of physical activity via self-report. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2000;71(2):15-20.
21. Sallis JF, Saelens BE. Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future directions. *Research Quarterly for Exercise & Sport.* 2000;71(2 Suppl):S1-14.
22. Goran MI. Measurement issues related to studies of childhood obesity: assessment of body composition, body fat distribution, physical activity, and food intake. *Pediatrics.* 1998;101(3 Pt 2):505-18.
23. Pongurornsorn C. A questionnaire for assessment of physical activity in Thailand. PH.D dissertation University of Illinois at Urbana Champaign 2001.
24. Freedson PS, Miller K. Objective monitoring of physical activity using motion sensors and heart rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 2000;71(2):21-29.
25. Janz KF. Validation of the CSA accelerometer for assessing children's physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1994;26(3):369-375.
26. Bassett J, David R., Ainsworth BE, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, King GA. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000;32(9 Suppl):S471-S480.

27. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML et al. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc.* 2000 Sep;32(9 Suppl):S498-504
28. Kijboonchoo K, Thasanasuwan W, Jengtee D, Kongsakpornchai J, Chittchang U, Russameesopaporn W, Srichan W. Knowledge attitude and practice of food, nutrition and physical activity among Thai schoolchildren aged 9-12 years. The 3rd Asian Congress of Dietetics, August 18-19, 2002, Kuala Lumpur, Malaysia.
29. Cutchawaree K, Suthutvoravut U, Kijboonchoo K, Charoenkiatkul S. Validity and reliability assessment of the physical activity questionnaire in school girls aged 7-9 years. Faculty of Graduate studies: Mahidol University, 2004
30. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Current Issues in Exercise Science Series. Monograph No. 3. Champaign, IL: Human Kinetics 1992
31. Bland JM & Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* i. 1986; 307-310
32. World health Organization. Physical status: the use and interpretation of Anthropometry .Geneva: WHO, 1995, Technical report series no. 854
33. Lohman TG, Rochd AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988: 39-54.
34. The practical guide identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults. Bethesda, MD: National Institutes of health, 2000 (NIH publication No. 00-4084).
35. Flodmark CE, Sveger T, Nilsson-Ehle P. Waist measurement correlates to a potentially atherogenic lipoprotein profile in obese 12-14-year-children. *Acta Pediatr* 1994; 83(9): 941-945.
36. Maffeis C, Corciulo N, Livieri C, et al. Waist circumferences as predictor of cardiovascular and metabolic risk factors in obese girls. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 566-572.
37. Freedman DS, Serdula MK, Srinivasan SR, Berenson. Relation of circumferences and skinfold thickness to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 308-317.
38. Esmailzadeh A, Mirmiran P, Azizi F. Clustering of metabolic abnormalities in adolescents with hypertriglyceridemic waist phenotype. *Am J Clin Nutr* 2006; 83: 36-46
39. Higgins PB, Gower BA, Hunter GR, Goran MI. Defining health-related obesity in prepubertal children. *Obese Res* 2001; 9: 233-240

40. Asayama K, Oguni T, Hayashi K, et al. Critical value of the index of body fat distribution based on waist and hip circumferences and stature in obese girls. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000; 24: 1026-1031
41. Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-97
42. Goldman RF, and Buskirk ER. Body volume measurement by underwater weighing: description of a method. In: *Techniques for Measuring Body Composition*, ed. J. Brozek and A. Henschel, Washington, D.C.: National Academy of Science-National Research Council. 1961: 78-89.
43. Buskirk ER. Underwater weighing and body density: A review of procedures. In J. Brozek & A. Henschel (Eds.), *Techniques for Measuring Body Composition*. Washington, D.C.: National Academy of Science, National Research Council
44. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In J. Brozek & A Henschel (Eds.), *Techniques for Measuring Body Composition*. Washington, D.C.: National Academy of Science 1961; 223-44
45. Baumgartner RN, Heymsfeld SB, Lichtman S, Wang J, Pierson RN Jr. Body composition in elderly people: Effect of criterion estimates on predictive equations. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 1345-1353
46. Wong WW, Hergenroeder AC, and Stuff JE, et al. Evaluating body fat in girls and female adolescents: advantages and disadvantages of dual energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 384-9



เลขที่ 136/2547

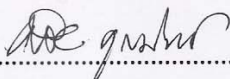
เอกสารรับรองโครงการวิจัยเกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์
มหาวิทยาลัยมหิดล

ชื่อโครงการ: การพัฒนาวิธีการประเมินไขมันและระดับการเคลื่อนไหวร่างกายที่แม่นยำ
และเชื่อถือได้ และดัชนีมวลกายตามอายุ สำหรับเด็กไทย

ชื่อหัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์กัลยา กิจบุญชู

สังกัดหน่วยงาน: สถาบันวิจัยโภชนาการ

รับรองโดยคณะกรรมการสิทธิมนุษยชนเกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์

ลงนาม 

ประธานคณะกรรมการสิทธิมนุษยชนเกี่ยวกับการทดลองในมนุษย์

ลงนาม 

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหิดล

วันที่ 15 พ.ย. 2547

ภาคผนวก ข

แนวคำถาม

โครงการพัฒนาวิธีการประเมินไขมันและระดับการเคลื่อนไหวร่างกายที่แม่นยำ
ตรง และเชื่อถือได้ และได้ดัชนีมวลกายตามอายุ สำหรับเด็กไทย

ข้อตกลง

- กลุ่มเป้าหมายหลัก

ในเด็กไทยชายและหญิงในช่วงอายุ 10-18 ปี ในเขตเมือง รวม 5 ภาค คือ ภาค
กลาง, ภาคตะวันออก, ภาคตะวันตก, ภาคเหนือ, ภาคอีสาน และภาคใต้ ที่มีภาวะ
โภชนาการ (น้ำหนักตาม) ในสัดส่วนค่ามาตรฐานคือ = 2:6:2

[(wt/Ht) = - 2SD : $\pm$ 1.5SD : $\pm$ 2SD 2 : 6 : 2]

ส่วนที่ 1. ข้อมูลทั่วไป (เพื่อสร้างความคุ้นเคย)

✓ ชาย

✓ หญิง

1. ชื่อ (ด.ช. , ด.ญ., น.ส., นาย) _____ นามสกุล _____
เกิดเมื่อวันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ อายุ _____ ปี _____ เดือน _____
ปัจจุบันมีน้ำหนักตัว _____ ก.ก. ส่วนสูง _____ ซม.
เรียนอยู่ชั้น _____ โรงเรียน _____
ตำบล _____ อำเภอ _____ จังหวัด _____
นักเรียนเป็นลูกคนที่ _____ ของครอบครัว ในจำนวนของพี่น้องทั้งหมด _____ คน (นับรวมนักเรียนด้วย)
ใน 1 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายที่ไม่ใช่ในชั่วโมงพละหรือไม่ ?

✓ เล่น กีฬา 1. นาน..... นาที
2. นาน..... นาที
3. นาน..... นาที

✓ ไม่ได้เล่น เพราะ _____

ใน 1 เดือนที่ผ่านมา นักเรียนได้ช่วยผู้ปกครองทำงานบ้านหรือไม่

✓ ช่วยทำ ทำอะไรบ้าง 1. ใช้เวลา..... นาที
2. ใช้เวลา..... นาที
3. ใช้เวลา..... นาที

✓ ไม่ได้ช่วยทำ เพราะ _____

ส่วนที่ 2 : วันเรียนหนังสือ

ประเด็นคำถาม	คำถาม
- ก่อนไปโรงเรียน ▪ ที่บ้านทำอะไรบ้าง ▪ เดินทางไปโรงเรียนโดยใช้วิธีใด ▪ แล้วการเดินทางกลับจากโรงเรียนเหมือนกับไปหรือไม่คะ ถ้าไม่กลับวิธีเดิมทำอะไรคะ... - ก่อนเข้าเรียน ทำอะไรบ้าง (ช่วยเล่าให้ฟังว่าพอถึงโรงเรียนแล้วก่อนจะเข้าชั้นเรียนได้ทำอะไรบ้าง)	1. หลังจากตื่นนอนตอนเช้าก่อนไปโรงเรียน ที่บ้านน้องมักจะทำอะไรบ้าง (ถ้านึกไม่ออกหรือไม่เข้าใจ ให้ยกตัวอย่างเช่น) - ช่วยงานบ้าน ดูแลคนในครอบครัว - ดูทีวี, เล่นเกมกด ฯลฯ - ออกกำลังกายบ้างหรือเปล่า และทำนานประมาณ.....ชั่วโมง.....นาที รู้สึกเหนื่อยแค่ไหนที่ทำ 2. น้องเดินทางไปกลับจากโรงเรียนอย่างไรบ้างไปกลับโดยวิธีเดียวกันหรือเปล่า - ถีบจักรยานใช้เวลา.....ชั่วโมง.....นาที - นั่งรถทุกประเภทใช้เวลา.....ชั่วโมง.....นาที 3. ถ้าน้องมาถึงโรงเรียนก่อนเวลาเรียนยังไม่เข้าห้องเรียน น้องมักจะทำอะไรบ้าง หรือต้องทำอะไรบ้าง - ทำเวรห้องเรียน.....นาที - นั่งคุยกับเพื่อน, เล่นเกม.....นาที - เดินเล่น.....นาที - วิ่งเล่น.....นาที - เล่นกีฬาที่มีเหงื่อ เช่น ปิงปอง เล่นแบดฯ หรือเตะฟุตบอล.....นาที

- ในเวลาเรียน ในห้องเรียน เรียนนอกห้องเรียน - ในชั่วโมงพลศึกษาทำอะไรบ้างมาก น้อยแค่ไหน - พักกลางวันทำอะไรบ้าง (ช่วยเล่าให้ฟังว่ามีการทำกิจกรรมหรือเล่น อะไรบ้าง) - หลังเลิกเรียน ■ ถ้ายังไม่กลับบ้านทำอะไรอยู่ ในโรงเรียนบ้างคะ ช่วยเล่าให้ ฟัง ■ หรือถ้ายังไม่กลับเข้าบ้านเลย ได้ไปทำกิจกรรมอื่นๆ อะไรบ้างคะ ก่อนเข้าบ้าน ช่วยเล่าให้ฟังบ้างคะ ■ ถ้ากลับถึงบ้านแล้วทำ กิจกรรมอะไรบ้าง	4. ตอนนี้น้องเข้าห้องเรียนที่ไม่ใช่ชั่วโมงพล ศึกษาน้องมักจะต้องเรียนเป็นส่วนใหญ่ ถ้าไม่ ต้องนั่งเรียนมักจะได้อะไรบ้างนาน ประมาณซักแค่ไหน.....นาที - มีกิจกรรมนอกห้องเรียนหรือไม่ นาที 5. ตอนชั่วโมงพลศึกษาคุณครูให้น้องทำ อะไรบ้าง เป็นเวลานาน.....นาที น้องทำอะไรในชั่วโมงพลศึกษาบ้างที่ทำให้น้อง รู้สึกเหนื่อย 6. ตอนพักกลางวันน้องไปทำอะไรก่อนไปกิน ข้าวหรือหลังกินข้าวเสร็จหรือเปล่า ทำนานประมาณแค่ไหน.....นาที ทำบ่อยแค ไหน รู้สึกว่าเหนื่อยมากน้อยแค่ไหน หอบเหนื่อยเลย หรือจนมีเหงื่อออกบ้างหรือเปล่า - หลังเลิกเรียนแล้วน้องกลับบ้านทันทีหรือไม่ Y ใช่ Y ไม่ใช่ 7. ถ้าไม่ได้กลับทันทีมักจะทำอะไรอยู่บ้าง ตอนอยู่ที่โรงเรียนหลังเลิกเรียน 1.....นาน.....นาที 2.....นาน.....นาที 3.....นาน.....นาที 8. เมื่อตอนที่น้องกลับถึงบ้านแล้วจนถึงเข้า นอนน้องทำอะไรอีกบ้างนะ เช่น นั่งทำการบ้าน วึ่งเล่นกับน้องๆ เป็นเวลา.....นาที
--	--

ส่วนที่ 3 : ในวันหยุดเรียน

ประเด็น	คำถาม
- วันหยุดเสาร์ – อาทิตย์ ■ ถ้ามีกิจกรรมวันหยุดทำอะไรบ้าง ■ ถ้าอยู่บ้านทำอะไรบ้างคะช่วยเล่าให้ฟังบ้าง - ช่วงเช้า –กิจกรรมเบาๆ –กิจกรรมหนักๆ - ช่วงบ่าย–กิจกรรมเบาๆ –กิจกรรมหนักๆ - ช่วงเย็น–กิจกรรมเบาๆ –กิจกรรมหนักๆ	ส่วนใหญ่วันหยุดออกนอกบ้านหรืออยู่บ้านคะ (ช่วงเวลาใด) ถ้าน้องได้ออกไปนอกบ้านช่วงวันหยุดจะมีกิจกรรมที่ทำอะไรบ้าง ทั้งที่บ่อยๆและนานๆครั้งก็ตาม ส่วนใหญ่ทำอะไรบ้าง - ไปเรียนพิเศษ.....ใช้เวลา..... - ไปพบญาติ.....ใช้เวลา..... - ไปเที่ยว.....ใช้เวลา..... ในวันหยุดเรียน แต่ไม่ออกไปนอกบ้านน้องมักจะทำอะไรบ้าง ใช้เวลากี่นาที..... - ส่วนใหญ่ตอนเช้าหลังตื่นนอนทำอะไรบ้างมีกิจกรรมไหนบ้างที่ทำแล้วรู้สึกเหนื่อยทำแล้วเหนื่อยแค่ไหน - แล้วตอนหลังกินข้าวกลางวัน ทำกิจกรรมอะไรบ้างที่สนุกๆ ทำบ่อยเป็นประจำมั้ยหรือว่านานๆ ครั้งเท่านั้น - ในช่วงวันหยุดถ้าไม่ได้ออกไปเที่ยวนอกบ้าน หลังกินข้าวเย็นจนถึงก่อนเข้านอนน้องทำอะไร - ดูโทรทัศน์หรือเล่นเกมนานเท่าไร - มีกิจกรรมบางอย่างที่มีทำบ้างบางครั้งอะไรอีกหรือไม่ในช่วงวันหยุดถ้าไม่ได้ออกจากบ้าน

ภาคผนวก ค

ประถมปลาย

1. ชื่อ ด.ญ.พิชชา โกยสมบูรณ์ ป. 5/2 โรงเรียนเอกตรุณ อายุ 10 ปี 2 เดือน

น้ำหนัก 33 ก.ก. ส่วนสูง 139 ซม.

ลักษณะครอบครัว มี 4 คน พ่อ แม่ น้องชาย อยู่อนุบาล อายุประมาณ 5 ขวบ

งานที่ทำประจำ ล้างจาน ซักผ้า ช่วยแม่ซักเสื้อผ้า กางเกง (ซักด้วยมือ) ภูมิลำเนาเฉพาะวันเสาร์ – อาทิตย์

พ่อทำธุรกิจเชื่อมเหล็ก แม่ทำงานราชการที่กรุงเทพ

วันเรียน ตื่นนอน 6 โมงเช้า อาบน้ำแต่งตัว

- ก่อนเข้าเรียน
- นั่งรถมาโรงเรียน พ่อขับรถมาประมาณไม่เกินครึ่งชั่วโมง ออกจากบ้าน 7 โมงกว่า ถึงโรงเรียนประมาณ 8 โมง
 - เล่นกับเพื่อน และพาน้องมากินขนม กิจกรรมเล่นมีบอลลูกโป่ง (ตั้งด้านข้างได้ จับตามเส้นแล้วเบะ แล้วต้องออกไป)
 - วิ่งไล่จับ ซ่อนแอบ แต่แต่ละครั้งเล่นไม่นาน
 - เข้าแถว 8 โมงกว่า เคารพธงชาติ สวดมนต์

- ในห้องเรียน
- ห้องเรียนอยู่ชั้น 5 ปรกติจะอยู่ในชั้นเรียน มีเดินเรียนบ้างในชั่วโมงพละ จะเล่นวอลเลย์บอล และแชร์บอล มีวิ่งรอบสนามเล็กๆ 5-6 รอบ มีการออกกำลังกาย กระโดดตบ หมุนมือ ลูกนั่ง สควอดจ้ำ ในชั่วโมงเนตรนารี จะได้วิ่งรอบสนามใหญ่ถ้าถูกทำโทษ แต่สนใหญ่ก็นั่งเรียนในห้องเรียน
 - มีพัก 2 ครั้ง เรียนคาบ 2 เสร็จและช่วงบ่าย ช่วงพักจะไปกินน้ำ

พักเรียนกลางวัน ช่วง 11 โมง

- กินข้าว ซ้อมขนม เล่นกับเพื่อน มีเล่นกระต่ายขาเดียว ตีจับ ปลาเป็นปลาตาย (หลับตาและพูดปลาเป็น ต้องวิ่ง พูดปลาตายวิ่งไม่ได้) ใช้เวลา 10 – 15 นาที เวลาเล่นก็เหนื่อย

ช่วงบ่าย เรียนถึง 4 โมงเย็น พ่อมารับไปอยู่บ้านกับพี่เลี้ยง พ่อจะมาตอน 6 โมงเย็น ช่วง รพพ่อก็อาบน้ำ วิ่งเล่น และปั่นจักรยาน กับเพื่อนในหมู่บ้าน ทำการบ้าน กินข้าว อยู่ในบ้าน ดู TV กับแม่ เข้านอน 3 ทุ่ม บางวันก็ได้เล่นคอมพิวเตอร์

วันหยุด

มีเรียนที่วิทยาลัยนาฏศิลป์ เรียนตีซิม 2 ชั่วโมง ในวันเสาร์ (9 – 11)

วันเสาร์

- ตื่น 6 โมง ไปเล่นตลาดครึ่งชั่วโมง กลับบ้านไปเรียนตีซิมโดยพ่อไปส่งที่กรุงเทพ ออกจากบ้าน 7 โมงเช้า แล้วกินข้าวเที่ยงที่โรงละคร
- กลับบ้านช่วยแม่ทำงานบ้าน มีซักผ้าตากผ้า ล้างจาน เช็ดพื้น กวาดบ้านใช้เวลาตั้งแต่ 4 ชั่วโมง บางทีก็ไปเที่ยวประมาณอาทิตย์เว้นอาทิตย์ สถานที่ไปเช่น เดอะมอลล์ สวนสัตว์เขาเขียว
- เข้านอน 3 ทุ่ม

วันอาทิตย์

- อยู่บ้านเล่นกับเพื่อนเช่น เล่นหมากเก็บ เล่นคอมพิวเตอร์ ดูTV ปั่นจักรยาน ช่วยพ่อแม่ทำงาน นอน 3 ทุ่มครึ่ง

กีฬาที่เล่น วอลเลย์บอล แรบบอล วายน้ำ

กิจกรรมที่ทำเวลาว่าง อ่านหนังสือ เล่นคอมพิวเตอร์ รดน้ำต้นไม้ คุยกับเพื่อน

การสนับสนุนจากพ่อ – แม่ให้ออกกำลังกาย

- พ่อพาไปว่ายน้ำ หรือพาไปวิ่งรอบสนามตอนเช้าวันอาทิตย์

2. ชื่อ ด.ญ.ตรองฤทัย แสงสิริตันกุลชัย

รูปร่าง อ้วน น้ำหนัก 80 กก สูง ๕.ม.

เกิด อายุ 11 ปี 6 เดือน ชั้น ป.6 โรงเรียนครองทวีวัฒนา เป็นลูกคนที่ 1 จากจำนวน 2 คน

ครอบครัวเดียว

งานที่ช่วยผู้ปกครองไม่ให้ช่วยงานให้เรียนเพียงอย่างเดียว

วันเรียน

ก่อนเข้าเรียน - ตื่น 6.00 น.

-มาโรงเรียนโดยผู้ปกครองมาส่งประมาณ 15 นาที

- ทำเวรกวาดห้อง เช็ดหน้าต่าง เปลี่ยนน้ำล้างมือ ทำอาทิตย์ละวัน 3 ครั้ง/วัน

ในเวลาเรียน -เริ่มเรียน 8.10 น.

-นั่งเรียนในห้อง,มีการเดินเรียนบ้าง

-มีเรียนวิชาพลศึกษา 1 ครั้ง/สัปดาห์ เรียนคิตะมวยไทยเหนื่อยมาก เพราะต้องเต็มที

-เรียนยูทาคาโด มีเปิดกองเรียนเดือนละครั้ง 2 ครั้ง ชมรมพิเศษเสียงตามสาย

พักกลางวัน -กินข้าว, กิจกรรม สปช. ทำงานประกวดคัดลายมือ, แต่งกลอน, อ่านหนังสือ
 เลิกเรียน -รอผู้ปกครองมารับหรือนั่งมอร์ไซด์รับจ้างกลับบ้าน
 กลับถึงบ้าน -ทำการบ้าน อ่านหนังสือ ออกไปเล่นข้างนอก เช่น ตีเบด กระโดดยาง ประมาณ 20 นาที
 ทุกวัน ตีเบด ถึง 5 โมงครึ่งก็พอ
 -ทานข้าวเย็นเสร็จเก็บกับข้าวให้แม่, ดูทีวี, เล่นเกมกับพ่อแม่ เข้านอน 21.00 น.
วันหยุดเช้า -ตื่นนอน 8.00 น.
 -ดูทีวี ตั้งแต่ตื่นนอนจนถึงเที่ยง
 -กินข้าวเที่ยงและไปนั่งเล่นกับเพื่อน
 -เล่นขายของ, ออกกำลังกายโดยการเดินไปมาระหว่างซอย
 -เข้านอนเที่ยงคืน

การสนับสนุนของครอบครัว เฉยๆ

กีฬาที่ชอบ	กิจกรรมที่ทำเวลาว่าง
1.แบดมินตัน	1. ดูทีวี เล่นเกมกับน้อง
2.บาสเกตบอล	2.อ่านหนังสือ
3.ปิงปอง	3.นอน
	4.โดดยาง
	5.บอลลูกโป่ง 40 นาที

เล่นจนเพลียเล่นเฉพาะวันหยุด

มัธยมต้น

1. ชื่อ เด็กชายธิดิสรณ์ ปริดาวรรณกุล

รูปร่าง อ้วน น้ำหนัก 69 กก สูง 165 ซม.

เกิด 21 พ.ค. 2533 อายุ 14 ปี 1 เดือน ชั้น ม.2 โรงเรียนกาญจนาภิเษก เป็นลูกคนที่ 1 จากจำนวน 3 คน

ครอบครัวใหญ่ ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม

ช่วยผู้ปกครอง

- 1.ล้างจาน (หน้าที่) 15 นาที/วัน
- 2.เลี้ยงน้องบ้าง ให้น้องกินขนม
- 3.กวาดบ้านถูบ้าน(หน้าที่)

วันเรียน

ก่อน - ตื่น 6.00 น. เล่นเกม, เลี้ยงน้อง
 -มาโรงเรียน 7.00 น

-ซัอนมอ์เตอรืไซค์แม่ไปโรงเรียนประมาณ 15-20 นาที

-กลับโรงเรียนนั่งรถกระตุ้ปครองเพื่อน

-ก่อเข้าแถวจะนั่งคุยเล่นกับเพื่อน

-เข้าแถว 20 นาที

ในเวลาเรียน -เริ่มเรียน 8.10 น.

-มีการเดินไปเรียนที่ห้องต่างๆ เมื่อหมดชั่วโมง ใช้เวลา 5-10 นาที

- วิชาคณิตศาสตร์ / ภาษาไทย ส่วนใหญ่ นั่งโต๊ะ, จดงาน

- ชั่วโมงพล / วิ่ง / บาส วิ่งรอบสนาม 1 รอบ กายบริหารครั้งละ 10 ท่า

- เรียนศิลป นอกห้องเรียน วาดรูปต้นไม้

พักกลางวัน -ฝากเพื่อนซื้อข้าวมากินที่ห้องเรียน

-เล่นฟุตบอลกระดาศ (รอเพื่อนซื้อข้าว), นั่งฟังเพลง

-เริ่มเรียน 12.10 น.

เลิกเรียน -15.30 น. วันศุกร์ บ่าย 2 โมง

-เล่นฟุตบอล, ไล่จับ รอผู้ปกครองเพื่อนมารับ 1 ชม.

กลับถึงบ้าน -ช่วยเลี้ยงน้อง, อ่านหนังสือ, ทำการบ้าน

-ดูทีวี นอน 22.30 น.

วันหยุดเช้า -ตื่น 6.00 น.

-กวาดบ้าน ออกไปเล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่ร้านทั้งวัน

-ทานข้าวที่ร้านเกมเลย บางวันแค่บ่าย 3 โมง

-ไปเล่นฟุตบอลบ้างแล้วแต่มีเพื่อน

-ซักเสื้อผ้าตัวเอง / แม่รีดให้

-วันอาทิตย์ต้องจัดตารางเรียน

-ล้างจาน เตะบอลนิดหน่อย / คุยกับพี่ๆ ช้างบ้าน

-นอน 5 ทุ่ม

การสนับสนุนของครอบครัว

-เฉยๆ

-ซื้ออุปกรณ์ให้ถ้าขาด เช่น รองเท้า, ลูกฟุตบอล

กีฬาที่ชอบ

เกม

1.ฟุตบอล

1.ต่อสู้

2.บาส

2.วิ่งไล่จับ

3.แบดมินตัน

4.ปิงปอง

5.เปิดทอง

2. ชื่อ เด็กหทัยกานต์ บรรจงคชาธาร

รูปร่าง ปกติ น้ำหนัก 48 กก สูง 162 ซม.

เกิด 1 ธ.ค. 2533 อายุ 13 ปี 6 เดือน ชั้น ม.2 โรงเรียนกาญจนาภิเษก เป็นลูกคนที่ 1 จากจำนวน 1 คน
ครอบครัวใหญ่ อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี

ช่วยผู้ปกครองที่บ้าน

- 1.ช่วยป้าขายผลไม้ที่บ้าน
- 2.(เสาร์-อาทิตย์) พ่อมารับที่หอพักที่โรงเรียน อยู่โรงเรียนประจำ
- 3.กวาดบ้านถูบ้าน 3 ชั่วโมง/ครั้ง
- 4.กรอกน้ำใส่ตู้เย็น 15 นาที
- 5.ส่วนใหญ่จะไม่ค่อยได้มีโอกาสไปเล่นหรือทำกิจกรรมออกกำลังกายกับครอบครัวเพราะไม่อยากไป
อยากคุยกับพ่อแม่มากกว่าหรือเล่าเหตุการณ์ขณะที่อยู่หอพักให้พ่อแม่ฟังดีกว่า

วันเรียน

ก่อนมาเรียน - ตื่น 5.45 น. อาบน้ำ 6.30 น. จัดแถวที่หน้าหอพัก
-มาโรงเรียนโดยการเดินออกจากหอพัก 5-10 นาที เวลา 7.15 น. เข้าแถวที่โรงเรียน
-กิจกรรมหน้าเสาธง โฮมรูม มีเวลาคุยกับเพื่อน 1.30 ชั่วโมง

ในเวลาเรียน -เริ่มเรียน 8.10 น.
-มีวิชางานเขียนแบบต้องเดินไปเรียนจากห้องที่ชั้น5 ไปเรียนที่อาคารข้างล่าง เมื่อหมด
ชั่วโมง ใช้เวลา 5-10 นาที
- วิชาคณิตศาสตร์ / ภาษาไทย ส่วนใหญ่นั่งโต๊ะ, จดงาน
- ชั่วโมงพลเรียน/ วjing / กระป๋องกระบอง 1 ชั่วโมง/ สัปดาห์
- เรียนศิลปะ นอกห้องเรียน วาดรูปต้นไม้

พักกลางวัน -ทานข้าว
-ไม่ค่อยได้เล่นหรือออกกำลังกาย
-เริ่มเรียน 12.10 น.

เลิกเรียน -ส่วนใหญ่จะกลับหอ เล่นแบดมินตันกับเพื่อน ประมาณ 1-2 ชั่วโมง (อังคาร-
พฤหัสบดี)

-กิจกรรมหอพักให้เด็กเต้น Aerobic ตอนเย็น 17.00-18.00 น. มีครูนำเต้นประมาณ 1
ชั่วโมง

-บางครั้งมีระเบียบแถว เช่น ซ้ายหัน ขวาทัน ให้นักเรียนวิ่งรอบสนาม 1 รอบ (จันทร์ พุธ ศุกร์)

กลับถึงหอพัก -อยู่ที่หอพักมีที่เรียนพิเศษที่หอพัก มีอาจารย์มาสอนที่หอพัก
-อาบน้ำ ทำการบ้าน
-ดูทีวีโดยดูเฉพาะข่าว 10 นาที นอน .

วันหยุดเสาร์-อาทิตย์

-ตื่น 7.30 น.
-อาบน้ำ+ทานอาหาร
-11.00 น. ทานข้าวเที่ยง
-13.00-18.00 ส่วนใหญ่เบด, วิ่งออกกำลังกาย
-18.00 น. ทานข้าวและทำการบ้าน
-วันอาทิตย์
-ทำการบ้าน ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง
-16.00-18.00 น. ออกจากที่พักเล่นเบด

การสนับสนุนของครอบครัว

-เฉยๆ

กีฬาที่ชอบ

- 1.เบดมินตัน
- 2.ปิงปอง
- 3.เล่นอินเทอร์เน็ต

มัธยมปลาย

1. ชื่อ นางสาวมนสิชา คิตประเสริฐ

ทั่วไป

เกิด 3 มิ.ย. 31 อายุ 16 ปี 1 เดือน ชั้น ม.4 โรงเรียนกาญจนาภิเษก เป็นลูกคนที่ 1 จากจำนวน

2 คน

ครอบครัวเดี่ยว อยู่ที่ อ.กระทุ่มแบน จ.สมุทรสาคร

ช่วยงานบ้าน

1. ช่วยกวาดถูห้อง ทำวันเว้นวัน ใช้เวลา 1 ชั่วโมง (ผลัดกันกับน้อง)
2. ช่วยซักผ้าของตัวเอง (ซักมือ) ใช้เวลา 20 นาที สัปดาห์ละ 3 ครั้ง
3. ไม่ดูทีวี แต่หาข้อมูลใน internet 1½ ชั่วโมง/วัน

2. วันเรียน เรียน 7 คาบ เข้า 4 วิชา บ่าย 3 วิชา

- ก่อนเรียน**
- ตื่นนอน 5.00 น. เตรียมตัว/อาบน้ำ + กินข้าว
 - ออกจากบ้าน 6.00 น. รถโรงเรียนมารับ
 - ใช้เวลาเดินทางทั้งหมด 1 ชั่วโมง
 - ถึงโรงเรียน 7.00 น. ตรวจการบ้านว่าเรียบร้อยหรือไม่
 - เข้าแถว 7.30 น. ส่วนใหญ่ไม่มีกิจกรรมที่ออกกำลังในตอนเช้า
 - ทำเวรทุกวันพุธ ก่อนเข้าเรียน+หลังเข้าเรียน ใช้เวลาประมาณ 10 นาทีต่อวัน
- ช่วงเรียน**
- ส่วนใหญ่จะเป็นการนั่งเรียน มีวิชาวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ที่จะต้องเดินไปเรียนใช้เวลาประมาณ 5 นาที ในการเดินทางไปเรียน
 - เรียนพล/ สัปดาห์ไม่มีการวอร์ม ให้ทำกิจกรรมเลย
- พักกลางวัน**
- พักทานข้าว 12.10 – 13.10 น.
 - ส่วนใหญ่นั่งเขียนงานในห้องเรียน
- เลิกเรียน**
- 16.10 น.
 - clear วิชาที่เรียน ส่วนใหญ่จะเป็นงานเขียน
 - สัปดาห์หนึ่ง อาจจะเล่นบาสเกตบอล 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ เล่น 1/2 ชั่วโมง
 - กลับ 17.20 น. โดยมีรถตู้มารับ ใช้เวลาเดินทาง 1 ช.ม.
 - ถึงบ้านทานข้าว อาบน้ำ ทำการบ้านใช้เวลา 20.30 – 22.30 น.
 - นอน 23.00 น.

- วันหยุด**-ตื่น 6.00 น. อาบน้ำแต่งตัว 7.00 น. ออกจากบ้าน
- นั่งรถตู้ไปเรียนพิเศษ ที่ปิ่นเกล้า 8.00 – 12.15 น.
 - พักทานข้าว 45 นาที ไปเรียนต่อที่ สะพานพระราม เริ่มเรียน 13.00 – 15.30 น.
 - นั่งรถกลับบ้านใช้เวลาทั้งหมดรวม 2 ช.ม.
 - **ไม่เล่นกีฬาเลย, ช่วยพ่อขายข้าวมันไก่
 - เข้านอน 24.00 น.

การสนับสนุนของครอบครัว

- ไม่ได้ช่วยเพราะต้องขายข้าวมันไก่ช่วยผู้ปกครอง
- เวลาว่างส่วนใหญ่จะหมดไปกับการเรียนพิเศษ/ ทำการบ้าน

กีฬาที่ชอบ

1. บาสเกตบอล
2. วอลเลย์บอล
3. เต้นเชียร์ ลีดเดอร์

2. นายเผด็จไพศาล เทพหัสดิน ณ. อยุธยา

ทั่วไป

ม. 4 / 4 โรงเรียนกาญจนาภิเษก

อายุ 15 ปี น้ำหนัก 49 ก.ก. ส่วนสูง 169 ซม. ลูกคนเดียว

เป็นนักเรียนประจำอยู่หอพักโรงเรียน พ่อแม่รับกลับทุก 2 อาทิตย์

หน้าที่ประจำที่โรงเรียน ช่วงเย็นทำความสะอาดได้หอพัก กวาดพื้นยกโต๊ะขึ้น วิ่งออกกำลังกายตามครูเวร ช่วงเช้าตื่น 6 โมงเช้า

เรียนโปรแกรม ศิลป์ – คำนวณ

2. วันเรียน เข้าตื่น 6 โมงเช้า อาบน้ำ แต่งตัว

ก่อนเรียน - มาโรงเรียน 7 โมงเช้ามาห้องประจำ ถ้าวันไหนมีเวรต้องทำ

1 อาทิตย์ ต่อครั้ง มีกวาดพื้นเช็ดโต๊ะ ทำเวรประมาณ 15 นาที ถ้าไม่มีเวรก็ทำการบ้านที่ยังไม่เสร็จ

- เข้าแถว 7 โมง 45 นาที เคารพธงชาติ สวดมนต์ ร้องเพลงมาร์ช ถึง 8 โมง

ชั่วโมงเรียน - ทุกวันมีชั่วโมง Home room ส่วนใหญ่จะเรียนในห้องมีบาง

วิชาที่เดินเรียน ซึ่งบางครั้งจะต้องข้ามตึก แต่ห้องเรียนอยู่ชั้น 1

ก็ไม่ลำบาก ชั่วโมงพละ เรียน 1 ชั่วโมง / อาทิตย์ เรียนระบบร่าง

ภายในเทอมแรก เทอม 2 เรียน ฟุตบอล เทอมที่มีเรียนเน้นการ

เคลื่อนไหวมีวิ่งรอบสนาม 2 – 3 รอบ นั่งฟังทำรายงาน

กลางวัน พัก 12.10 น. – 13.10 น. ทานอาหารกลางวัน นั่งอ่านหนังสือ

ช่วงบ่าย - เรียนต่อถึง 4 โมง ถ้ามีประชุมก็เลิก 5 โมง

- มีการเรียน ร.ด. ทุกวันศุกร์ ยังไม่หนัก ในเดือนกรกฎาคมต้องไป

เรียนที่ค่าย ช่วงนี้มีเรียนเฉพาะทฤษฎีมีเฉพาะช่วงแรกรับน้อง คือรุ่นพี่ให้วิ่ง

หลังเลิกเรียน - กลับหอพักเปลี่ยนเสื้อผ้ามาเตะบอลทุกวัน 5 โมง – 6 โมงครึ่ง

- ทานข้าวมีการประชุม จันทร์ พุธ ศุกร์ อาบน้ำ ทำการบ้าน

ดูTV หลัง 1 ทุ่ม – 3 ทุ่ม เข้านอน 4 ทุ่ม

วันหยุด

วันเสาร์ ไม่มีเรียนพิเศษ เล่นเล่นไม่มีอะไร

วันอาทิตย์ เรียนพิเศษกับครูเวร 3 – 4 ชั่วโมง แต่ไม่แน่นอน มีวิชาภาษาไทย

วิทย์ แล้วแต่ความต้องการของนักเรียน

- ตื่นนอนตอนเช้าประมาณ 8 โมง เพราะรถส่งอาหารเข้ามาเร็ว
- เทียงกินข้าวประมาณ 11 โมงครึ่ง
- เดินเล่น ซื้อมันหวาน เล่นกีฬาตอนเย็น
- นอนประมาณ 4 – 5 ทุ่ม บางครั้งนอนคุยกับเพื่อน

วันกลับบ้าน - ศุกร์ 4 โมงเย็นกลับบ้าน นอนอย่างเดียว บางครั้งพิมพ์รายงาน การสนับสนุนจากผู้ปกครองในการออกกำลังกาย พ่อ แม่ ไม่ค่อยมีเวลา คุณพ่อต้องไปต่างจังหวัด บางครั้งดู TV มากๆ พ่อจะไล่ให้ไปเดินเล่น ส่วนใหญ่จะคุยกันกับพ่อ แม่ เย็นวันอาทิตย์ประมาณ 3 โมงเย็นกลับเข้าหอ ถ้าเข้าหอเช้าจะงีบทำโทษโดยจะวิ่งรอบสนาม 2 – 3 รอบ มาอยู่หอพัก 2 ปีแล้ว แต่เทอมหน้าจะย้ายไปอยู่หอนอก ซึ่งถูกลงและสบาย

กีฬาที่ชอบเล่น - 1 ฟุตบอล 2 บาสเกตบอล 3 เปตอง 4 ว่ายน้ำ

กิจกรรมที่ทำเวลาว่าง

1. หารุกเล่นนานเป็นชั่วโมง
2. ดู TV
3. นั่งคุยกับเพื่อน
4. กินขนม
5. อ่านการ์ตูน
6. เล่นเกมคอมพิวเตอร์จะได้เล่นที่บ้าน

ภาคผนวก ง

activity	group	code	met	Activity
ครอบครัว	1	05080	1.5	home activities,
ซ้อมดนตรี ดนตรีไทย เล่นขิม	1	10070	2.5	music playing,
ดู cd การ์ตูน	1	13030	1.5	self care,
ดูทีวี	1	13030	1.5	self care,
ดูหนัง	1	13030	1.5	self care,
เดินช้อปปิ้ง	1	11791	2	occupation,
เดินเรียน	1	11792	3.3	occupation,
เดินเล่น	1	11792	3.3	occupation,
เดินเล่น พาน้องเดินเล่น เดินเล่นกับพ่อ แม่	1	11792	3.3	occupation,
เดินห้าง	1	11791	2	occupation,
ตกปลา	1			
แตงนิทาน	1	13030	1.5	self care,
ทำกายบริหารจิต	1	13036	1	self care,
ทำการบ้าน	1	13030	1.5	self care,
เที่ยวห้าง	1	11791	2	occupation,
นอนพัก	1		0.9	inactivity
นอนหลับ นอนพักผ่อน	1		0.9	inactivity
นั่งคุย	1	13030	1.5	self care,
นั่งคุยกับเพื่อน	1	13030	1.5	self care,
นั่งคุยโทรศัพท์	1	13030	1.5	self care,
นั่งดูทีวี	1	13030	1.5	self care,
นั่งดูทีวี ดูหนัง ดูการ์ตูน	1	13030	1.5	self care,
นั่งต่อจิ๊กซอ	1	13030	1.5	self care,
นั่งทำการบ้าน	1	13030	1.5	self care,
นั่งประดิษฐ์ของเล่น	1	13030	1.5	self care,
นั่งปั้นดินน้ำมัน	1	13030	1.5	self care,
นั่งฟังเพลง	1	13030	1.5	self care,
นั่งร้องเพลง	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่น	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่นเกม	1	13030	1.5	self care,

นั่งเล่นเกมส์ เกมบอย เล่นการ์ด	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่นขายของ	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่นคอม	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่นคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต	1	13030	1.5	self care,
นั่งเล่นตุ๊กตา เล่นขายของ	1	13030	1.5	self care,
นั่งวาดรูป ระบายสี	1	13030	1.5	self care,
อ่านหนังสือ การ์ตูน	1	13030	1.5	self care,
นั่งอ่านหนังสือ อ่านการ์ตูน หนังสือพิมพ์	1	13030	1.5	self care,
เดินเที่ยว ไปซื้อของ ไปตลาด ไปเที่ยว ซัปปิ้ง	1	11791	2	occupation,
ไปทำงานกลุ่มกับเพื่อน	1	13030	1.5	self care,
พิเศษคณิต เรียนพิเศษ	1	13030	1.5	self care,
ร้องเพลง	1	13030	1.5	self care,
เล่นเกม	1	13030	1.5	self care,
เล่นเกมคอมพิวเตอร์	1	13030	1.5	self care,
เปียนโน	1	10070	2.5	music playing,
เล่นอินเทอร์เน็ต	1	13030	1.5	self care,
อ่านหนังสือ	1	13030	1.5	self care,
กระต่ายขาเดียว	2	12020	7	running,
กวาดบ้าน	2	05041	2.3	home activities,
เก็บจาน	2	05042	2.5	home activities,
เก็บที่นอน	2	05025	2.5	home activities,
ขายของ	2	21070	3	volunteer activities,
จัดกล้วยไม้	2	21070	3	volunteer activities,
จัดบ้าน	2	05026	3.5	home activities,
ช่วยกันทำอาหาร	2	05050	2	home activities,
ช่วยขายของ	2	21070	3	volunteer activities,
ช่วยคุณยายทำอาหาร	2	05050	2	home activities,
ช่วยงานในบ้าน ช่วยขายของ ช่วยทำอาหาร ซักเสื้อผ้า	2	21070	3	volunteer activities,
ช่วยโตะจีน	2	21070	3	volunteer activities,
ช่วยทำกับข้าว	2	05050	2	home activities,
ช่วยทำขนม	2	05050	2	home activities,
เช็ดกระจก	2	05020	3	home activities,

เช็ดหน้าต่าง	2	05020	3	home activities,
ซักผ้า	2	05070	2.3	home activities,
ดูดฝุ่น	2	05010	3.3	home activities,
ตากผ้า	2	05070	2.3	home activities,
ถูบ้าน	2	05021	3.5	home activities,
ถูห้อง	2	05021	3.5	home activities,
ทำกับข้าว	2	05050	2	home activities,
ทำความสะอาดห้อง	2	05041	2.3	home activities,
ทำเวร	2	05025	2.5	home activities,
ปลูกต้นไม้	2	21016	2.5	volunteer activities,
พับผ้า	2	05070	2.3	home activities,
พาลูกวิ่งเล่น	2	12020	7	running,
ยกโต๊ะ	2			
รดน้ำต้นไม้	2	11792	3.3	occupation,
รีดผ้า	2	05070	2.3	home activities,
ล้างจาน	2	05041	2.3	home activities,
ล้างห้องน้ำ	2	05021	3.5	home activities,
เลี้ยงน้อง	2	21016	2.5	volunteer activities,
เลี้ยงปลา	2	05053	2.5	home activities,
เลี้ยงสุนัข	2	05053	2.5	home activities,
สอนการบ้านน้อง	2	13030	1.5	self care,
ลีลาศ	3	03015	6.5	dancing,
ลูกนั่ง	3	21070	3	volunteer activities,
เล่นตีตะโพก	3	15135	5	sports,
กระโดดเชือก	3.1	15550	12	sports,
กระโดดตบ	3.1	15550	12	sports,
กระโดดยาง	3.1	15135	5	sports,
กวาดห้อง	3.1	05010	3.3	home activities,
กายบริหาร	3.1	03015	6.5	dancing,
ขี่จักรยาน	3.1	01010	4	bicycling,
ขี่ม้า	3.1			
ขี่สกู๊ตเตอร์	3.1			
จัดข้อ	3.1	13030	1.5	self care,

ชกต๋อย	3.1	15100	12	sports,
ชักคะเย่อ	3.1	15135	5	sports,
ช่อนแอบ	3.1	15135	5	sports,
ต่อสู้อยู่	3.1	15100	12	sports,
ตีจับ	3.1	12020	7	running,
เต้นเชียร์ ลีดเดอร์	3.1	03015	6.5	dancing,
เต้นรำ เต้นแจ๊ส	3.1	03031	4.5	dancing,
เต้นแอโรบิค	3.1	03015	6.5	dancing,
ไต่ราว	3.1	15300	4	sports,
บอลลูนโป่ง	3.1	12020	7	running,
ปั่นจักรยาน	3.1	01015	8	bicycling,
ปาบอล	3.1	15135	5	sports,
ม้วนหลัง	3.1	15300	4	sports,
โยนบอล	3.1	15135	5	sports,
ระเบียบแถว	3.1	12020	7	running,
เรียน ร.ด.	3.1	12020	7	running,
เล่นกระโดดยาง	3.1	15550	12	sports,
เล่นกระต่ายขาเดียว	3.1	12020	7	running,
เล่นงัดข้อ	3.1			
เล่นชกต๋อย	3.1	15100	12	sports,
เล่นซ่อนหา	3.1	15135	5	sports,
เล่นซ่อนแอบ ภูกินหาง วิ่งเล่น	3.1	15135	5	sports,
เล่นตีจับ	3.1	12020	7	running,
เล่นเตย	3.1	12020	7	running,
เล่นแปะโป้ง	3.1	12020	7	running,
เล่นเรือใบ	3.1			
เล่นว่าว	3.1	15135	5	sports,
เล่นวิ่งเปี้ยว	3.1	12020	7	running,
เล่นหมากเก็บ	3.1	21010	2.5	volunteer activities,
เล่นอิก้าฟักไข่	3.1	15135	5	sports,
ไล่จับ	3.1	12020	7	running,
วิ่งเปลี่ยว ไล่จับ ตีจับ	3.1	12020	7	running,
วิ่งเปี้ยว	3.1	12020	7	running,